

De ver en cuando pasará lista!

Hebra parciales → 2 del punto crítico
1 del 555 } no es seguro

↳ Cada uno valdrá 5 puntos

↳ Sólo podrá hacerlos la gente que venga habitualmente

Hay que hacer 5 trabajos a través de Moodle

↳ *.doc o *.pdf → no se puede escanear

↳ simulación en PSpice (guardar el fichero *.dat)

↳ Cada uno puntua 3 puntos

Las prácticas empiezan el día 20. Hay tablas en la puerta del laboratorio de TE

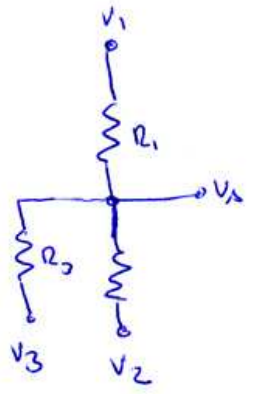
↳ Si no se aprueban las prácticas, no se aprueba la asignatura.

Lunes → 17:00 - 18:00 y 20:00 - 21:00

Martes → 17:00 - 18:00

Miércoles → 16:00 - 18:00

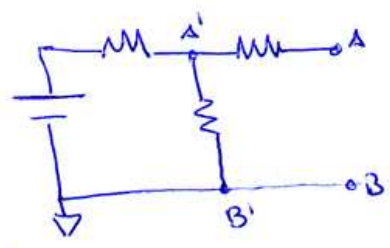
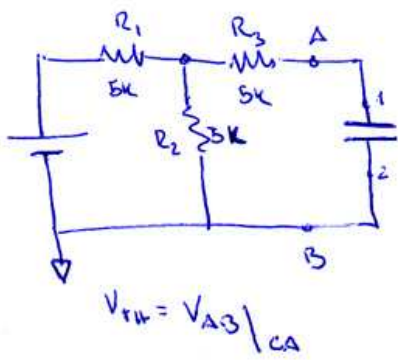
Despacho → junto a reprografía,
penúltima puerta.



$$V_A = V_1 \frac{R_2 // R_3}{R_1 + (R_2 // R_3)} + V_2 \frac{R_1 // R_3}{R_2 + (R_1 // R_3)} + V_3 \frac{R_1 // R_2}{R_3 + (R_1 // R_2)}$$

! Divisor de tensión

THEVENIN



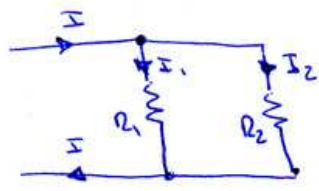
$$V_{A'A} = V_{A'} - V_A = I \cdot R_3 = \phi R_3$$

$$V_{A'A} = \phi \rightarrow V_{A'} = V_A$$

$$R_{th} = R_3 // (R_1 // R_2) = 5k // 2.5k = 1.67k$$

$$V_{th} = V_A - V_B = V_{A'} - V_{B'} = V_{A'} - \phi = V_{A'} = V_{cc} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10V \frac{5k}{5k + 5k} = 5V$$

! Para Norton, hay que cortocircuitar los puntos A y B, en vez de dejarlo abierto, y calcular la corriente que escucha por ese cable. Rth y Rnorton se calculan de la misma forma.

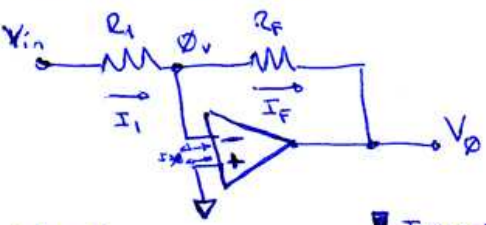


$$I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

! Divisor de corriente

Operacionales



$$I_1 = \frac{V_{in} - \phi}{R_1}$$

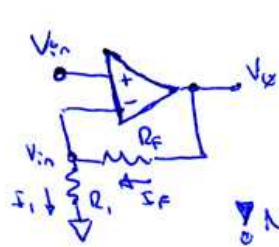
$$I_F = \frac{\phi - V_0}{R_F}$$

$$I_1 = I_F$$

$$\frac{V_{in}}{R_1} = -\frac{V_0}{R_F}$$

$$\boxed{V_0 = V_{in} \left(-\frac{R_F}{R_1} \right)}$$
$$\Rightarrow \frac{V_0}{V_{in}} = -\frac{R_F}{R_1}$$

Vr = V- ! Inversor



$$I_1 = \frac{V_{in} - \phi}{R_1}$$

$$I_F = \frac{V_0 - V_{in}}{R_F}$$

$$I_1 = I_F$$

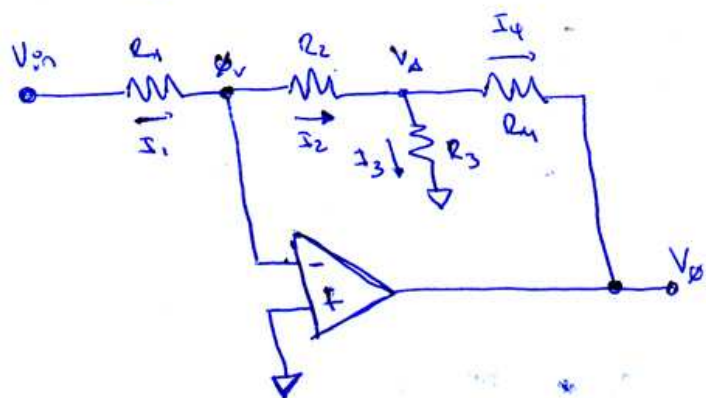
$$\frac{V_{in}}{R_1} = \frac{V_0 - V_{in}}{R_F}$$

$$\frac{V_{in}}{R_1} = \frac{V_0}{R_F} - \frac{V_{in}}{R_F}$$

$$\boxed{V_0 = V_{in} \left(1 + \frac{R_F}{R_1} \right)}$$

! No inversor

EA-I-003



$$I_1 = \frac{V_{in} - \phi}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{\phi - V_A}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_A - \phi}{R_3}$$

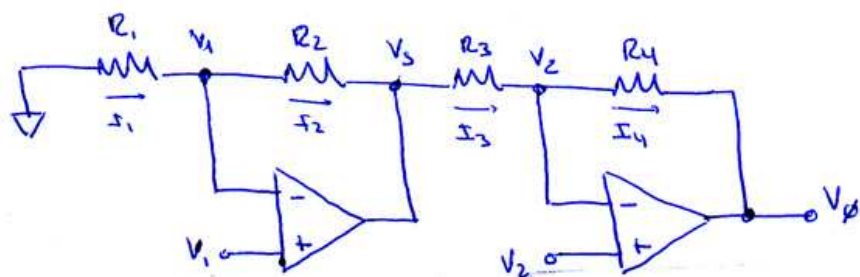
$$I_4 = \frac{V_A - V_{out}}{R_4}$$

$$I_1 = I_2$$

$$I_2 = I_3 + I_4$$

$$\frac{V_{in}}{R_1} = -\frac{V_A}{R_2}$$

$$-\frac{V_A}{R_2} = \frac{V_A}{R_3} + \frac{V_A - V_{out}}{R_4}$$



$$I_1 = I_2$$

$$I_3 = I_4$$

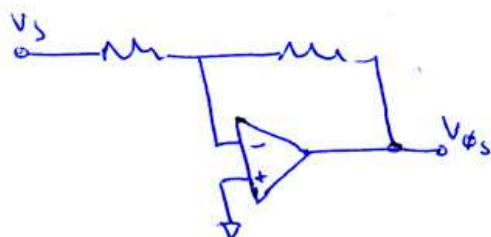
$$V_S = V_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

! Por tratarse de un montaje no inversor (la primera parte)

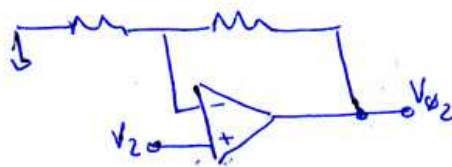
! En la salida de un operacional tengo que tener en cuenta la corriente que este toma o entrega.

Si es ideal, en las entradas si podemos tener $I=0$, pero nunca en la salida.

Aplicamos superposición en la segunda parte:

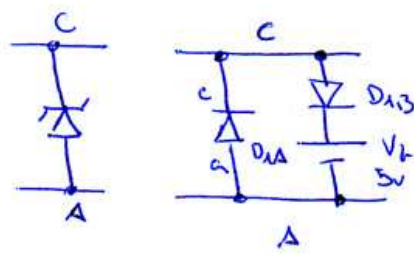
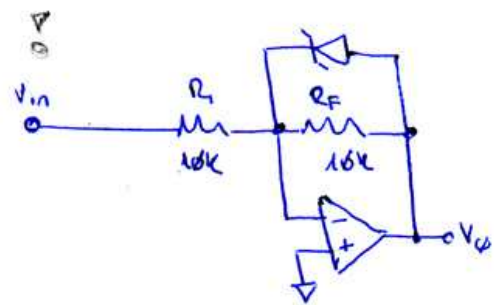


$$V_{out1} = V_S \left(-\frac{R_2}{R_1} \right)$$

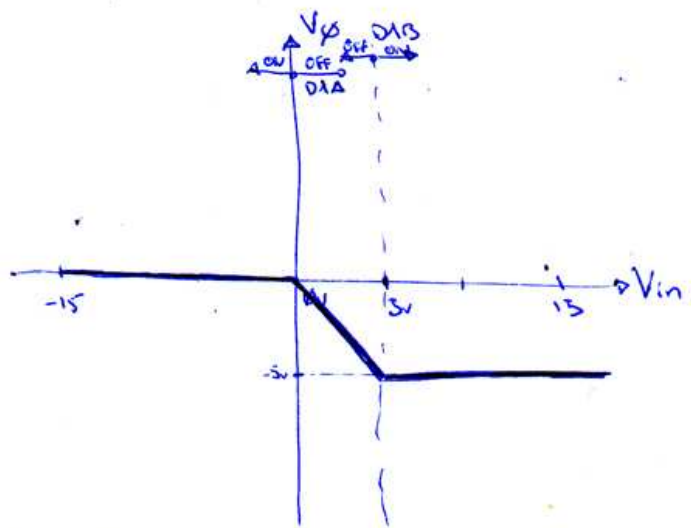
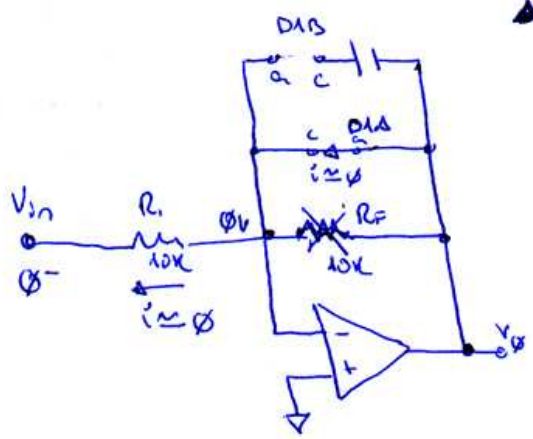
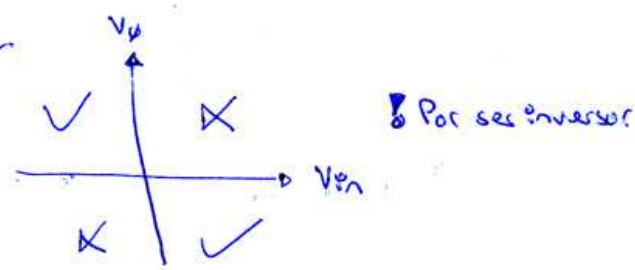
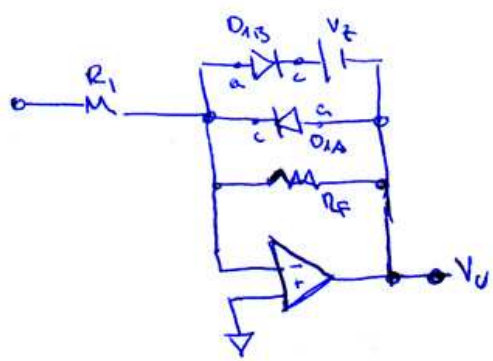


$$V_{out2} = V_2 \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right)$$

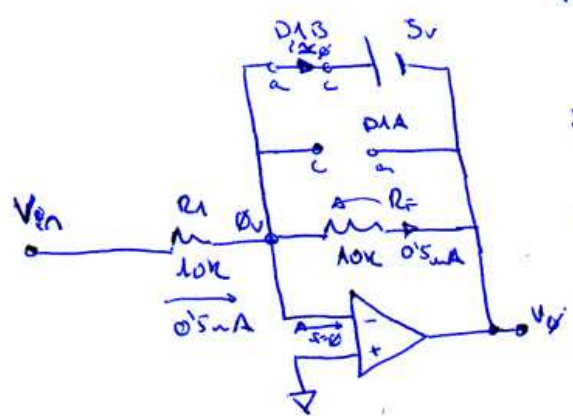
$$V_{out} = V_{out1} + V_{out2} = V_S \left(-\frac{R_2}{R_1} \right) + V_2 \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right) = V_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \left(-\frac{R_2}{R_1} \right) + V_2 \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right)$$



Punto crítico D1A: $V_{in} = 0^-$ D1B \Rightarrow OFF



Punto crítico D1B: $V_{in} = 5V$ D1A \Rightarrow OFF

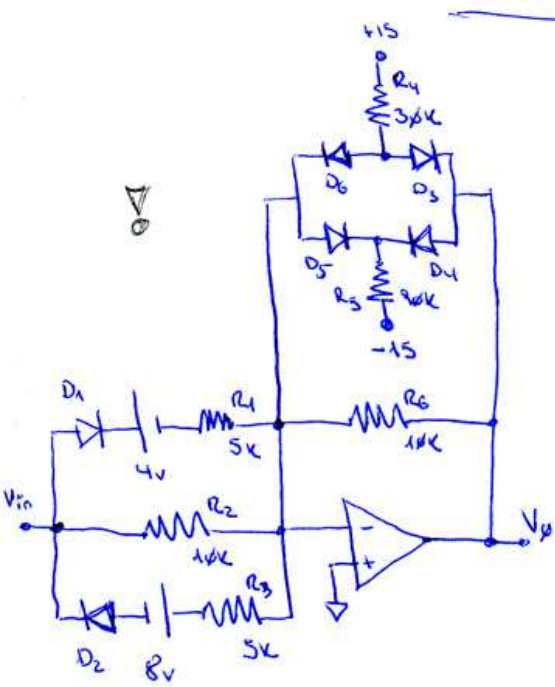
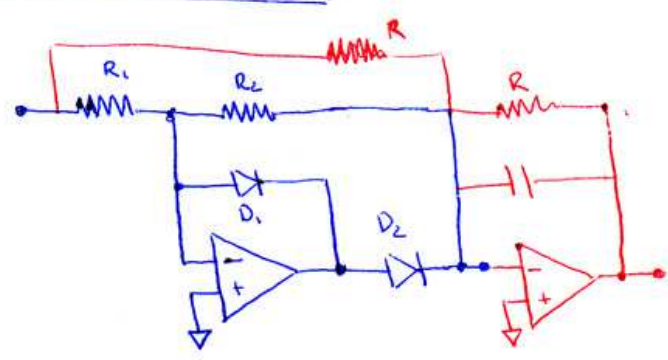


$$I_{REF} = \frac{5V}{10k\Omega} = 0.5mA$$

$$V_{in} - 5 = 0.5mA \cdot 10k\Omega = 5V$$

- $-15 < V_{in} < 0$ D1A ON D1B OFF $V_{out} = 0V$
- $0 < V_{in} < 5$ D1A OFF D1B OFF $V_{out} = V_{in} \left(-\frac{R_F}{R_1} \right) = -V_{in}$
- $5 < V_{in} < 15$ D1A OFF D1B ON $V_{out} = -5V$

Rectificador de precisión



Punto crítico D1

$V_{in} = 4V$ $D2: OFF$

! Al estar en punto crítico, la corriente a través de la rama de D1 es casi nula, por lo que no encontramos caída de tensión en él. La fuente nos da la diferencia de potencial.

! Suponiendo D2 OFF, vemos que hay 4V en su cátodo y -8V en su ánodo, por lo que es correcto.

Punto crítico D2

$V_{in} = -8V$ $D1: OFF$

! Seguimos el mismo procedimiento que en el caso anterior.

Punto crítico D3 y D5

$I_{R4} = \frac{15}{30k} = 0.5\mu A$

! Puesto que D3 está en punto crítico, esta corriente circula a través de D6.

$V_{in} = 10k \cdot 0.5\mu A = 5V$

$D1: OFF$ $D2: OFF$

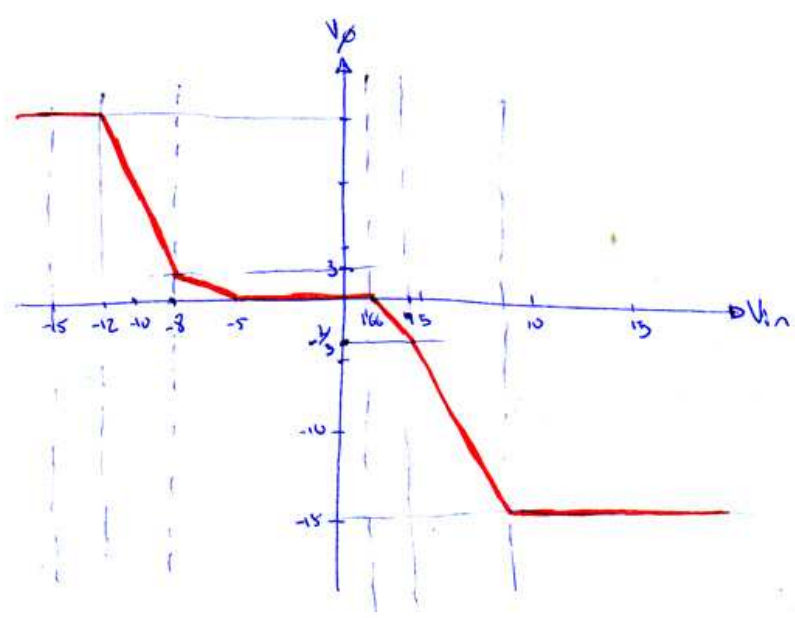
! Suponemos D1 y D2 OFF y calculamos V_{in} . Comprobamos que la suposición es correcta.

Punto crítico D4 y D6

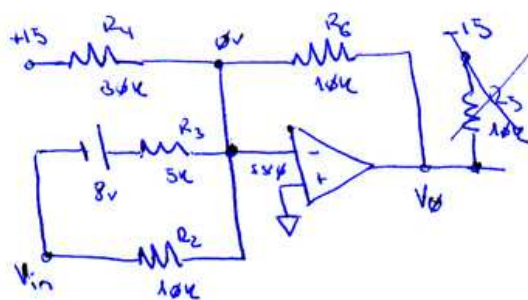
$I_{R5} = \frac{15V}{90k} = 0.16\mu A$ $V_{in} = 10k \cdot 0.16 = 1.6V$

$D1: OFF$ $D2: OFF$

! Seguimos el mismo procedimiento que en el caso anterior, pero esta vez la corriente circula a través de D5.



$$-15 < V_{in} < -8$$

 D_2, D_4, D_6 ON


$$V_0 = 15 \cdot \left(-\frac{R_6}{R_4}\right) + (V_{in} + 8) \left(-\frac{R_6}{R_3}\right) + V_{in} \left(-\frac{R_6}{R_2}\right)$$

$$= \boxed{-3V_{in} - 21}$$

$$+15 = -3V_{in} - 21 \rightarrow V_{in} = -12V$$

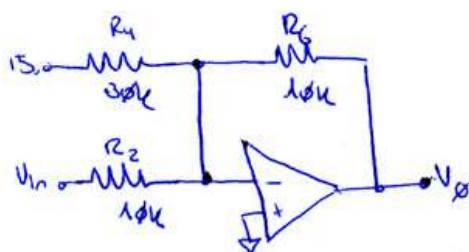
$$V_0 = -3(-8) - 21 \rightarrow V_0 = +3V$$

Para conseguir un segundo punto de la recta. Cogemos el punto a tres más cercano. En este caso, -8 para V_{in} .

OK

En el examen, hay que comprobar si en algún punto entre -15 y +15 el amplificador entra en saturación.

$$-8 < V_{in} < -5$$

 D_4, D_6 ON


$$V_0 = 15 \cdot \left(-\frac{R_6}{R_4}\right) + V_{in} \left(-\frac{R_6}{R_2}\right)$$

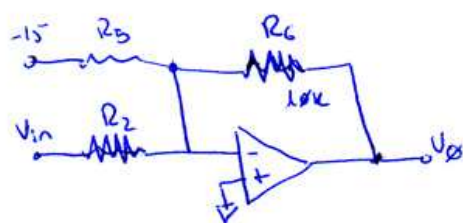
$$= \boxed{-V_{in} - 5}$$

$$V_0 = -(-8) - 5 \rightarrow V_0 = +3V$$

$$V_0 = -(-5) - 5 \rightarrow V_0 = 0V$$

OK

$$-1.66 < V_{in} < 4$$

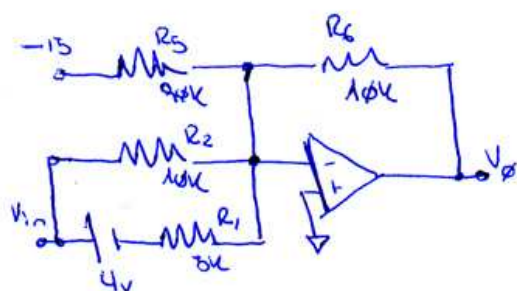
 D_3, D_5 ON


$$V_0 = \boxed{-V_{in} + 5/3}$$

$$V_0 = -1.66 + 5/3 \rightarrow V_0 = -1.66 + 5/3 V$$

$$V_0 = -4 + 5/3 \rightarrow V_0 = -7/3 V$$

$$4 < V_{in} < 15V$$

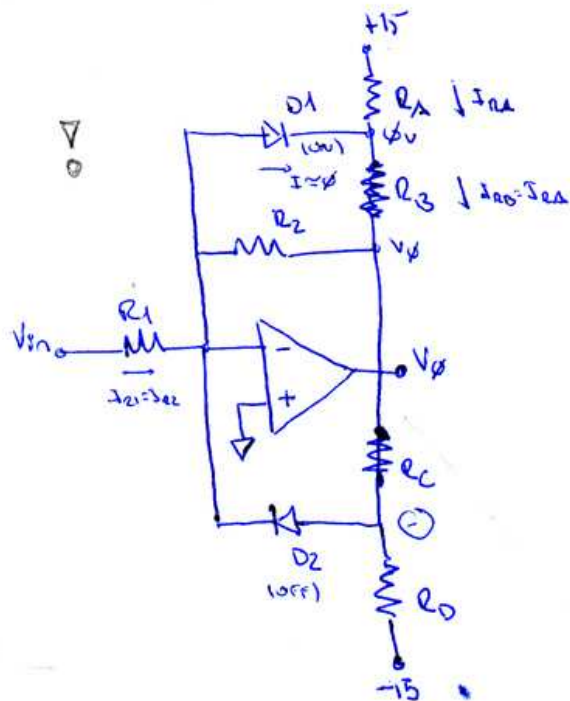


$$V_0 = \boxed{-3V_{in} + 29/3}$$

$$V_0 = -3 \cdot 4 + \frac{29}{3} \rightarrow V_0 = -7/3 V$$

$$-15 = -3V_{in} + \frac{29}{3} \rightarrow V_{in} = 8.22V$$

EA-I. ØØ7



Punto crítico D1

$$\frac{15 - \phi}{R_A} = I_{RA} \Rightarrow I_{RA} = \frac{15}{R_A} = I_{R3}$$

$$\frac{\phi - V_{\phi}}{R_B} = I_{R3} \approx I_{RA} \Rightarrow \frac{-V_{\phi}}{R_B} = \frac{15}{R_A} \Rightarrow V_{\phi} = -15 \frac{R_B}{R_A}$$

Para no sat.: $R_B < R_A$

$$I_{R2} = \frac{\phi - V_{\phi}}{R_2} = -\frac{V_{\phi}}{R_2} = -\frac{1}{R_2} \left(-15 \frac{R_B}{R_A} \right) = 15 \cdot \frac{R_B}{R_A} \cdot \frac{1}{R_2}$$

$$I_{R1} = I_{R2} \quad V_{in} - \phi = I_{R1} \cdot R_1 = I_{R2} \cdot R_1$$

$$V_{in} = 15 \frac{R_B}{R_A} \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

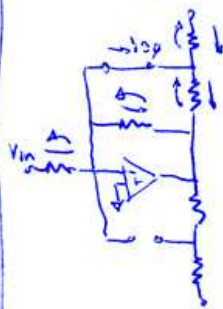
Utilizar +10 y -10 en vez de +15, -15

$$R_A: 10k \quad R_C: 1k \quad R_1: 10k$$

$$R_B: 1k \quad R_D: 10k \quad R_2: 100k$$

Puntos críticos: +0.1 y -0.1.

Punto crítico D1

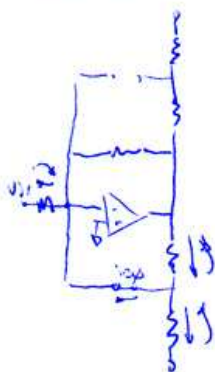


$$V_{\phi} = 10 - 10k \cdot 1\mu A - 1k \cdot 1\mu A = -1V$$

$$V_{in} = \frac{V_{\phi}}{100k} \cdot 100k = \phi \quad \boxed{V_{in} = 100mV}$$

D2: OFF

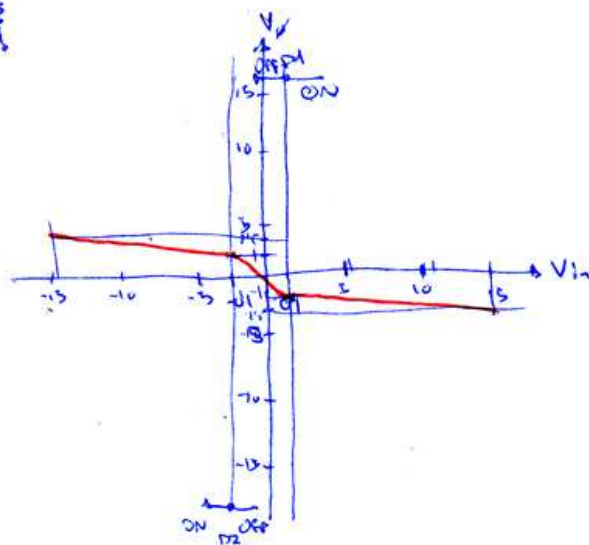
Punto crítico D2



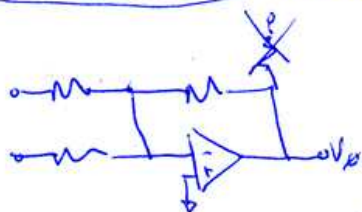
$$V_{\phi} = -10 + 10k \cdot 1\mu A + 1k \cdot 1\mu A = -1V$$

$$V_{in} + 100k \cdot \frac{V_{\phi}}{100k} = \phi \quad \boxed{V_{in} = -100mV}$$

D1: OFF



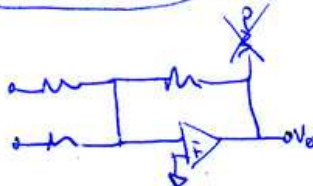
$-15 < V_{in} < -0.1$ D2 ON



$$V_{\phi} = V_{in} \left(-\frac{100k // 1k}{100k} \right) + 1 \cdot 1 \left(-\frac{100k // 1k}{100k} \right)$$

$$V_{\phi} = -0.1 V_{in} + 1$$

$0.1 < V_{in} < 15$

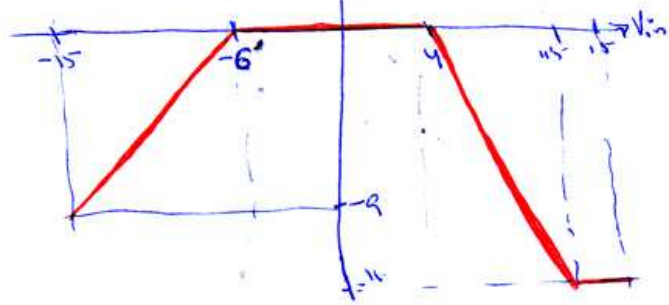
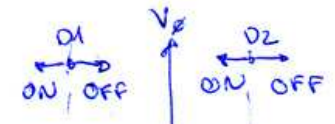
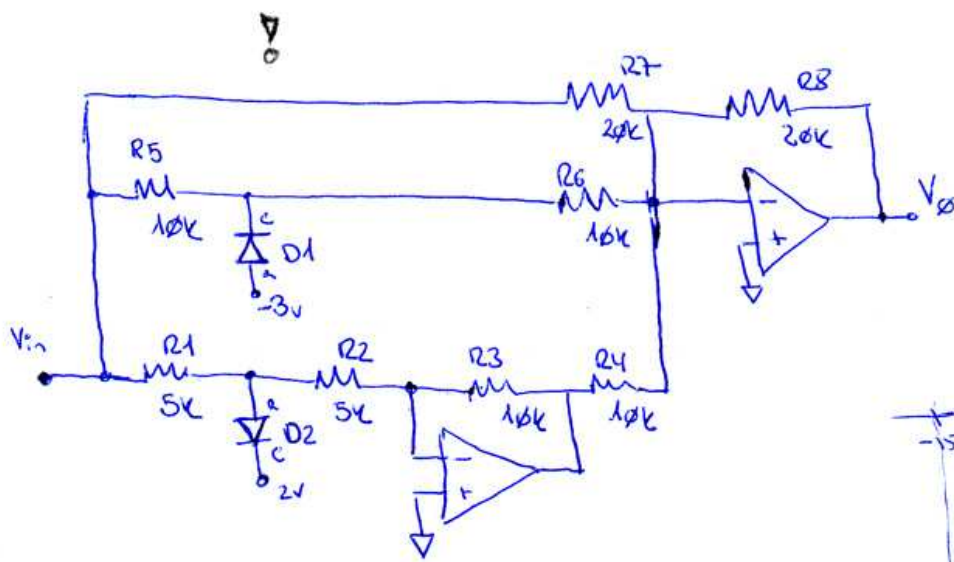


$$V_{\phi} = V_{in} \left(-\frac{100k // 1k}{100k} \right) + 1 \cdot 1 \left(-\frac{100k // 1k}{100k} \right)$$

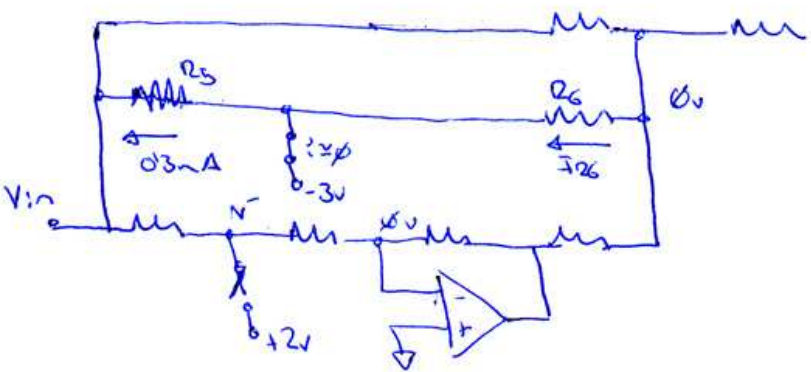
$$V_{\phi} = -0.1 V_{in} - 1$$

$-0.1 < V_{in} < 0.1$

$$V_{\phi} = V_{in} \left(-\frac{100k}{100k} \right) = -1 V_{in}$$



Punto crítico de D1



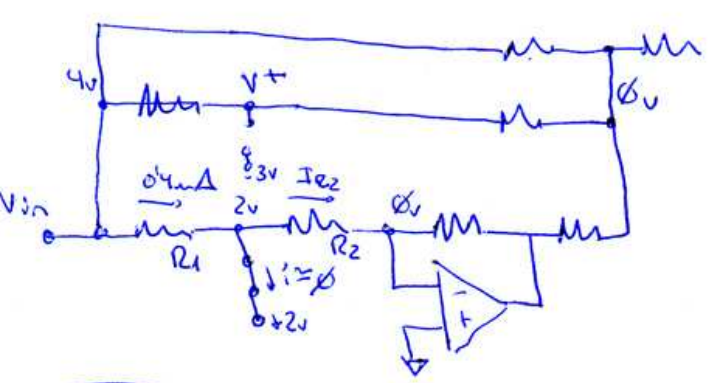
$$I_{R6} = \frac{0 - (-3V)}{10k} = 0.3mA$$

$$-3 - V_{in} = 0.3mA \cdot R5 = 0.3mA \cdot 10k = 3V$$

$$-3 - V_{in} = 3V \Rightarrow \boxed{V_{in} = -6V}$$

D2 OFF

Punto crítico de D2



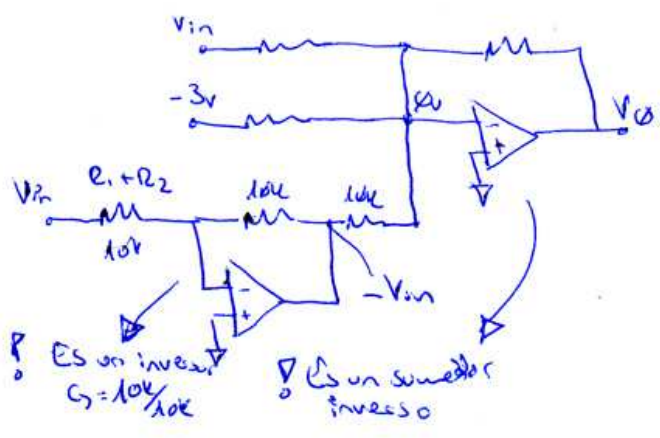
$$I_{R2} = \frac{2V - 0}{5k} = 0.4mA$$

$$V_{in} - 2V = 0.4mA \cdot R1 = 0.4mA \cdot 5k = 2V$$

$$V_{in} - 2V = 2V \Rightarrow \boxed{V_{in} = 4V}$$

D1 OFF

$-15 < V_{in} < -6$ D1 ON



$$V_0 = V_{in} \left(-\frac{R8}{R7} \right) + (-3) \left(-\frac{R8}{R6} \right) + (-V_{in}) \left(-\frac{R8}{R4} \right)$$

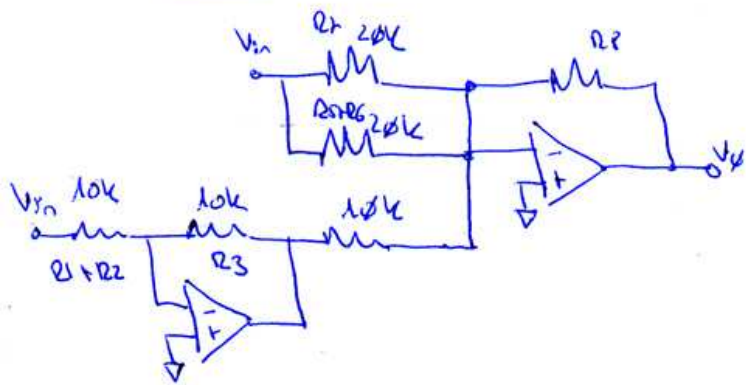
$$\boxed{V_0 = V_{in} + 6}$$

$$-15 = V_{in} + 6 \Rightarrow V_{in} = -21V \text{ No hay solución}$$

Es un inversor
 $G = 10k/10k$
Es un sumador
inverso

EA-I-009

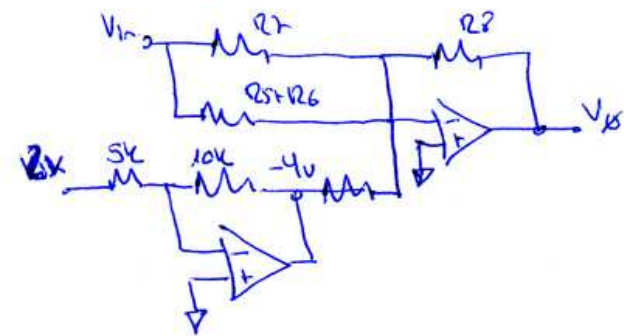
$$-6 < V_{in} < 4$$



$$V_0 = V_{in} \left(-\frac{R_8}{R_7} \right) + V_{in} \left(-\frac{R_8}{R_5+R_6} \right) + (-V_{in}) \left(-\frac{R_8}{R_4} \right)$$

$$V_0 = 0V$$

$$4 < V_{in} < 15 \quad D2 \text{ ON}$$

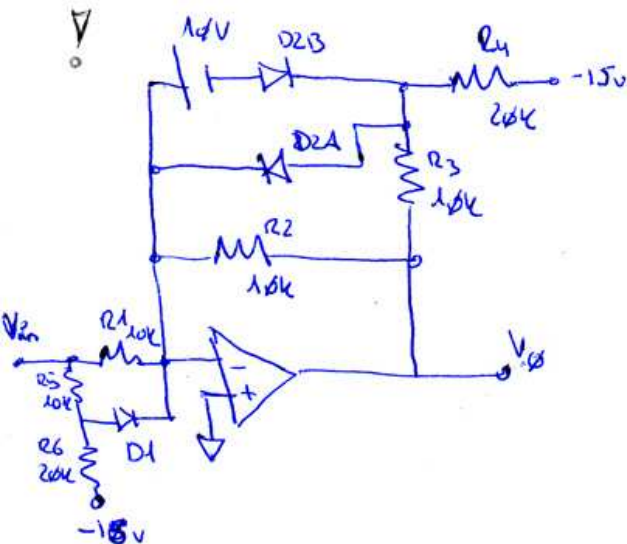


$$V_0 = V_{in} \left(-\frac{R_8}{R_7} \right) + V_{in} \left(-\frac{R_8}{R_5+R_6} \right) + (-4) \left(-\frac{R_8}{R_4} \right)$$

$$V_0 = -2V_{in} + 8$$

$$-15 = -2V_{in} + 8 \Rightarrow V_{in} = 11.5V \quad \text{! Hey schneiden}$$

$$4 = -2V_{in} + 8 \Rightarrow V_{in} = 0V$$



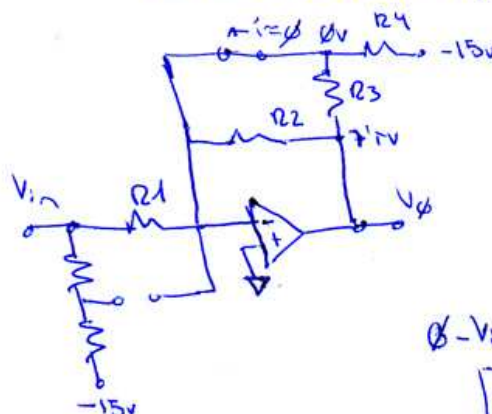
Ponto crítico D1

$$I_{R6} = \frac{0 - (-15)}{R_6} = \frac{15V}{20k} = 0.75mA$$

$$I_{R5} = \frac{V_{in} - 0}{R_5} \Rightarrow V_{in} = I_{R5} \cdot R_5 = I_{R6} \cdot R_5 \approx 0.75mA \cdot 10k = 7.5V$$

$$V_{in} = 7.5V$$

Ponto crítico D2A



$$I_{R4} = \frac{0 - (-15)}{R_4} = 0.75mA$$

$$V_0 - 0 = 0.75mA \cdot R_3$$

$$V_0 = 7.5V$$

$$I_{R2} = \frac{15 - 0}{10k} = 0.75mA$$

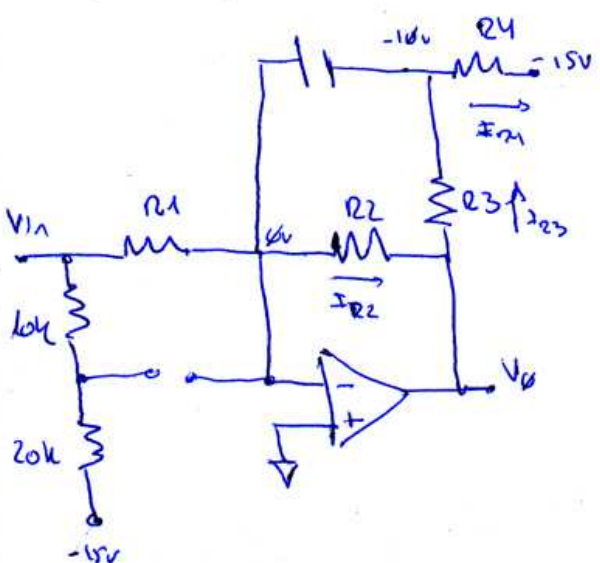
$$0 - V_{in} = 0.75mA \cdot R_1 = 0.75mA \cdot 10k = 7.5V$$

$$V_{in} = -7.5V$$

D1 OFF
D2B OFF

EA-I-Ø1Ø

Punto crítico D2B



$$I_{R4} = \frac{-10 - (-15)}{R4} = \frac{5V}{20k} = 0.25 \mu A$$

$$\frac{Vø - (-10)}{R3} = 0.25 \mu A \quad Vø = -7.5V$$

$$I_{R2} = \frac{0 - (-7.5)}{R2} = 0.75 \mu A$$

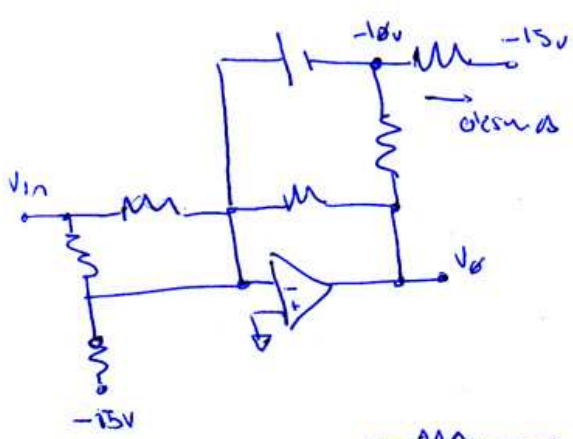
D1 OFF
D2A OFF

Si D1 OFF

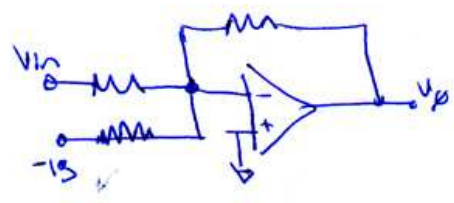
$$V_{in} - 0 = 0.75 \mu A \cdot 10k = 7.5V$$

$$Vø = 7.5 \cdot \frac{20k}{30k} - 15 \cdot \frac{10k}{30k} = \frac{150}{30} - \frac{150}{30} = 0V$$

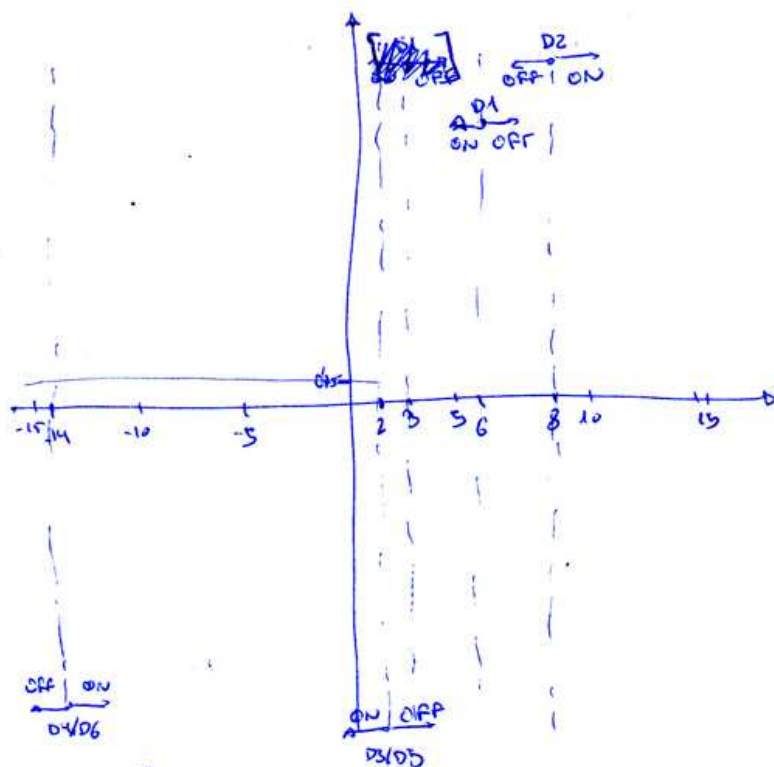
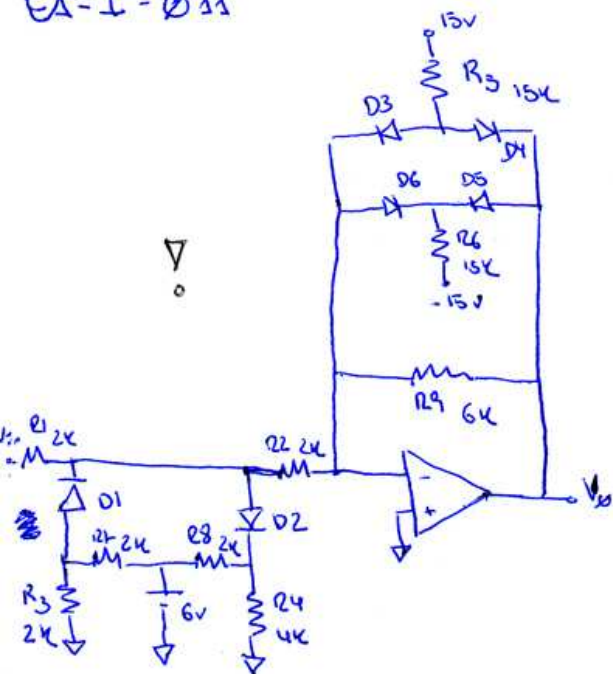
$7.5 < V_{in} < 15$ D1, D2B ON



$$Vø = -V_{in}$$



EA-I - 011



Punto critico D1

$$I_{R2} = \frac{3V}{2k} = 1.5mA \quad V_{in} = 3V = 1.5mA \cdot 2k = \boxed{3V} \quad V_{in} = 6V \quad D2: OFF$$

Punto critico D2

$$I_{R2} = 2mA \quad V_{in} = 4V = 2mA \cdot 2k = 4V \quad V_{in} = \boxed{8V} \quad D1: OFF$$

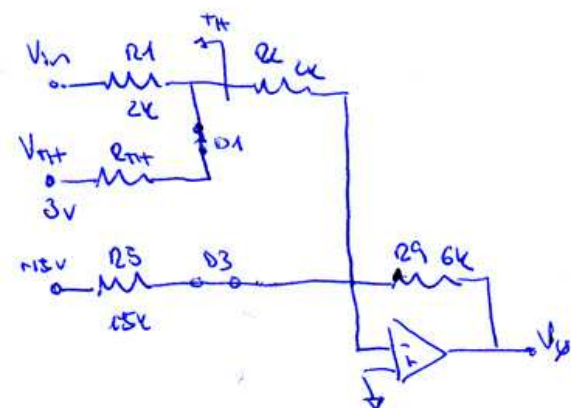
Punto critico D3, D5

$$I_{R5} = \frac{15V}{15k} = 1mA \quad I_{R6} = \frac{15V}{15k} = 1mA \quad V_{in} = \boxed{2V} \quad D1, D4, D6: ON \quad D2: OFF$$

Punto critico D4, D6

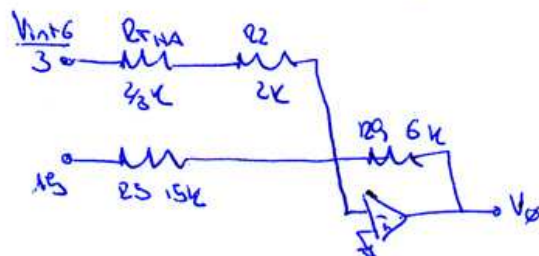
$$-V_{R2} = 1mA \cdot 2k = 2V \quad V_{C} = -2V \quad -2V \cdot V_{in} = 6mA \cdot 2k = 12V \quad V_{in} = \boxed{-14V} \quad D1, D3, D5: ON \quad D2: OFF$$

$\boxed{-15 < V_{in} < -14}$ D1, D3, D5 ON



$$V_{THA} = V_{in} \frac{R_{TH1}}{R_{TH1} + R_1} + V_{TH1} \frac{R_1}{R_{TH1} + R_1} = \frac{V_{in} + 6}{3}$$

$$R_{THA} = R_{TH1} // R_1 = 2k // 1k = \frac{2}{3}k = 0.67k$$



EA-I-012

$$V_o = V_{th} \left(-\frac{R_9}{R_2 + R_{th}} \right) + 15 \left(-\frac{R_9}{R_8} \right)$$

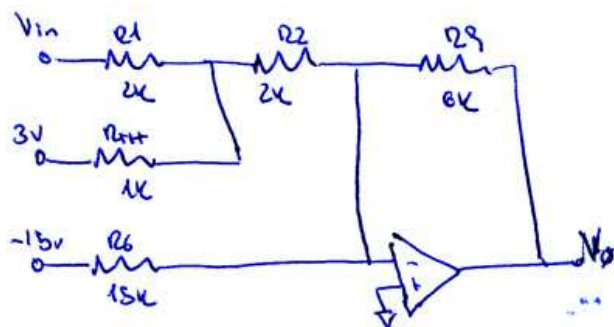
$$V_o = -0.75 V_{in} - 10.5 V$$

$$15 = -0.75 V_{in} - 10.5 \rightarrow V_{in} = 20.5 \quad \text{! No hier subtracten}$$

$$V_o = -0.75 \cdot (-15) - 10.5 = 0.75 V$$

$$V_o = -0.75 \cdot (-14) - 10.5 = 0 V$$

$$2 < V_{in} < 6 \quad 01, 04, 06 \text{ ON}$$



$$V_o = -0.75 V_{in} + 1.5$$

$$V_o = -0.75 (2) + 1.5 = 0 V$$

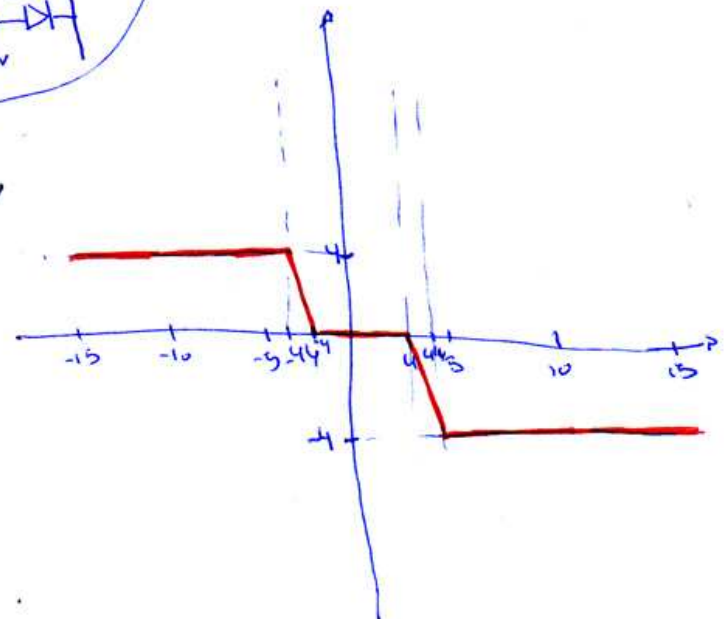
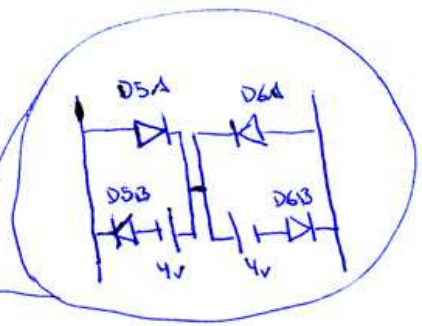
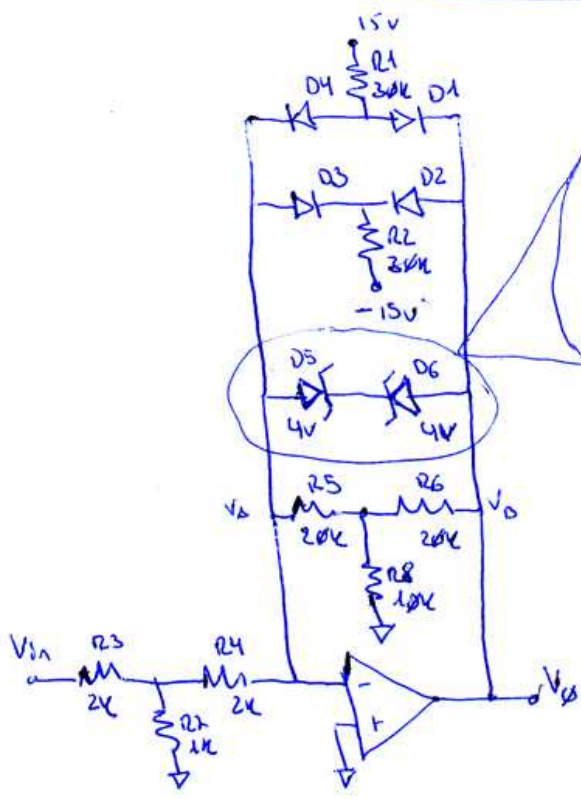
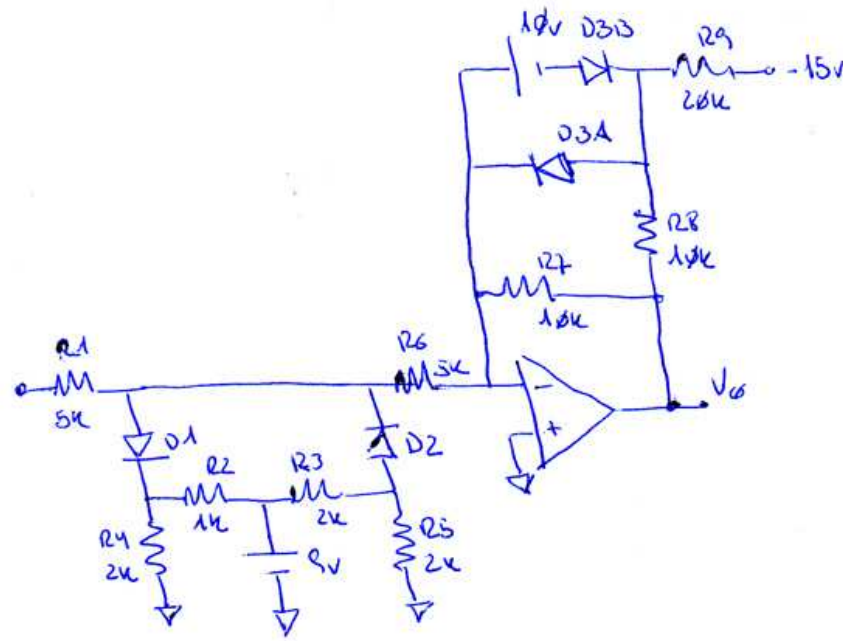
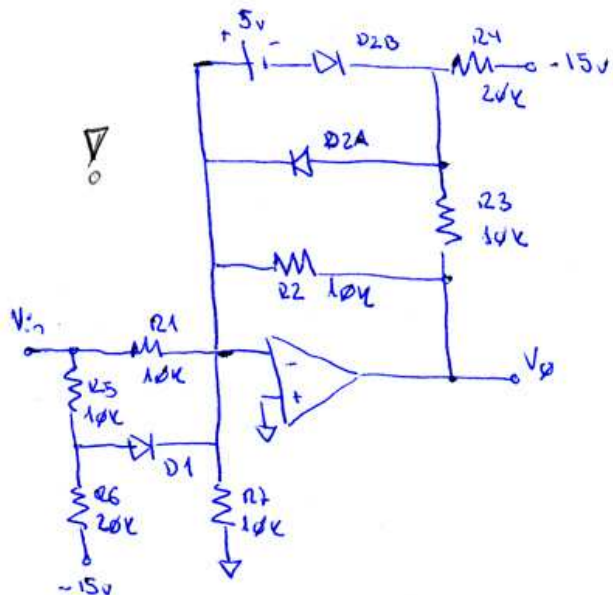
$$V_o = -0.75 (6) + 1.5 = -3 V$$

$$6 < V_{in} < 8$$

$$V_o = -1.5 V_{in} + 6$$

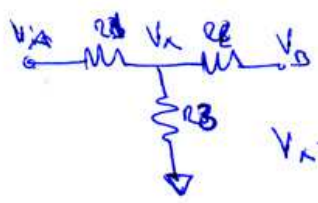
$$8 < V_{in} < 15$$

$$V_o = -\frac{6}{7} V_{in} + \frac{6}{7}$$



Punto crítico D1 y D3

Como la tensión en bornes de los dos diodos reales es 0, no pueden estar conduciendo. Es necesario una fuente externa para que haga polarización. Por lo tanto D5A, D5B, D6A y D6B están OFF.



$$V_x = V_{in} \cdot \frac{R_2 // R_3}{R_1 + (R_2 // R_3)} + V_B \cdot \frac{R_1 // R_3}{R_2 + (R_1 // R_3)}$$

$$I_{R4} = \frac{15}{30k} = 0.5mA$$

$$I_{R2} = \frac{1}{1k} = 1mA$$

$$I_{R3} = I_{R4} + I_{R2} = 1.5mA$$

$$V_{in} = -1 - 1.5mA \cdot 2k = -4V$$

Como la corriente a través de R5 es 0, por R4 circulará la corriente que viene de R2.

Punto crítico D2 y D4

- ! Con los diodos Zener sucede lo mismo, luego, D5A, D5B, D6A, D6B están OFF.
- ! Al ser simétrico al caso anterior, tendremos los mismos valores para las corrientes, pero en sentido contrario. Por lo tanto, el punto crítico también será simétrico:

$$V_{in} = 4V$$

- ! En un circuito puente con diodos SIEMPRE conduce una pareja y la otra no.
- ! Ahora si hay corriente a través de R5, por lo que la corriente a través de R2 no escula a través de R4. Tenemos que aplicar Kirchhoff.

$$V_A = -4 \cdot \frac{R_5 / R_3}{R_5 + (R_5 / R_3)} = -1V$$

$$I_{R5} = \frac{0 - (-1V)}{R_5} = \frac{1V}{20k} = 0.05mA$$

$$I_{R4} = 0.6mA + 0.05mA = 0.65mA$$

$$I_{R2} = \frac{1.1V}{1k} = 1.1mA$$

$$I_{R3} = I_{R4} + I_{R2} = 1.65mA$$

$$V_{in} = 2 \cdot 1.65 + 1.1 = 4.4V$$

Punto crítico D5A (* y D6B)

- ! D5B está OFF, por tratarse de un Zener.
- ! La corriente a través de D5A no puede circular por D6A, porque iría en sentido contrario. Por lo tanto, esa corriente circulará por D6B.

$$D6A \text{ OFF ; } D6B \text{ ON}$$

- ! Como la corriente por D5A es ≈ 0 , la corriente por D6B también será ≈ 0 . Tenemos que este es también el punto crítico de D6B.*

- ! Suponemos que D1 y D3 ON y D2 y D4 OFF. Comprobamos que es correcto porque D2 tiene 0V en el cátodo y -4V en el ánodo.

- ! Suponemos que D1 y D3 OFF y D2 y D4 ON. Comprobamos que NO es correcto porque D3 tiene 0V en el ánodo y 4V en el cátodo.

Punto crítico D6A (* y D5B)

$$D6B \text{ OFF } D5B \text{ ON } D5A \text{ OFF}$$

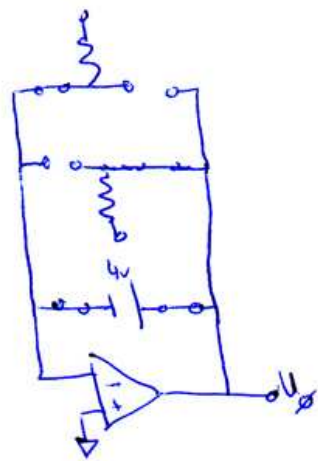
$$D2/D4 \text{ ON } D1/D3 \text{ OFF}$$

- ! Es simétrico al caso anterior. Las explicaciones son las mismas

$$V_{in} = -2 \cdot 1.65 - 1.1 = -4.4V$$

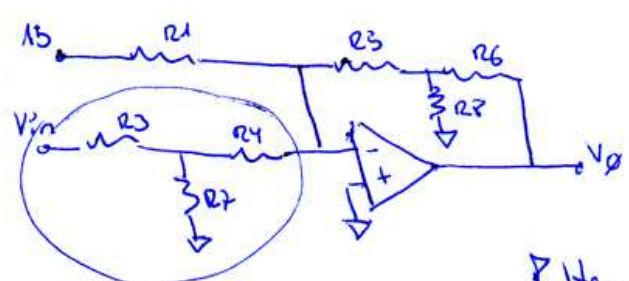
$-15 < V_{in} < -4.4$

D2, D4, D5, D6A ON



$V_{\phi} = 4v$

$-4.4 < V_{in} < -4$



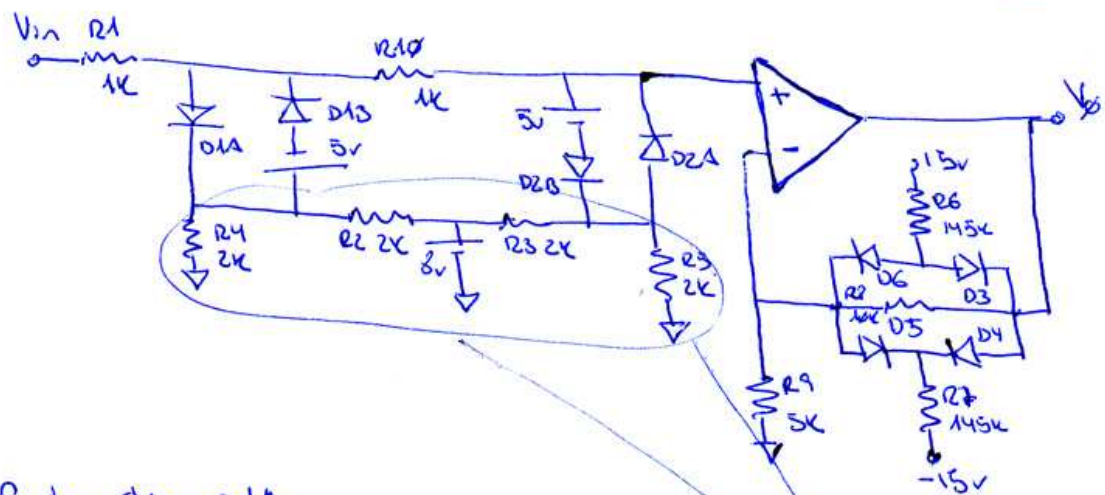
! Hay que hacerlo por corrientes después de simplificar con Thevenin

$V_{th} = \frac{V_{in}}{3}$ $R_{th} = \frac{8}{3}k$

$V_{\phi} = -10V_{in} - 4v$

Para $V_{in} = -4.4v \rightarrow V_{\phi} = 4v$ (OK!)

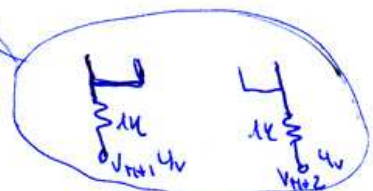
! Por ser simétrico, en $4 < V_{in} < 4.4$ la ecuación será $V_{in} = -10V_{in} + 4v$
y en $4.4 < V_{in} < 15$ la ecuación $\rightarrow V_{\phi} = -4.4v$



! En la realimentación de un circuito no inversor con puente de diodos NO tiene que haber zona muerta.

Punto crítico D1A D1B: OFF

Aplicamos Thevenin dos veces ($R4/R2$ y $8v$; $R3/R5$ y $8v$)



EA-I-φ16

$J_{Q+1} \approx \emptyset$ por lo que tendemos 4v en el punto entre x_1 y x_2

Separates D2A/D2B : OFF

$I_{E10} \approx 0$ Comprobamos que ambos estén OFF

$$I_{R1} = 0 \quad V_{in} = 4V$$

Punto critico D1B DIA: OFF

$\text{Term} \neq \emptyset$ por lo que tenemos $-1v$ en el punto entre 21 y $21\emptyset$

Supernodes 02A/02B : OFF

$I_{OLP} = \emptyset$ Comprobamos que D2B:OFF pero D2A está ON

Supervises D2A: ON y D2B: OFF

$I_{R1} \neq 0$

$I_{R1} = 2.5 \text{ mA}$

$V_{in} = -3.5 \text{ V}$

Punto critico D2A D2B: OFF

$I_{R4} = 22 \text{ mA}$ por lo que tenemos 4v entre $R4$ y el operacional

$$F_{a,1} \cong \emptyset$$

Suprenos D1A/D1B: OFF

Comprobamos que ambos están OFF

$$V_m = 4V$$

Punto critico D213 D2A: OFF

$\text{Ier} H_2 \neq \emptyset$ por lo que tenemos g_v en el punto entre R_2 y el operador ad

Supernos D1A/D1B: OFF

$I_{24} \neq \emptyset$ Comprobamos DIB: OFF, pero D1A ON

Suprimiendo D1A:ON y D1B:OFF

$$I_{R1} = 0.5 \text{ mA} - I_{\text{err1}} \quad \cdot V_{in} = 14 \text{ V}$$

Punto crítico D3 D5

$$\frac{15 - V}{R_6} = \frac{V - 0}{R_9} \rightarrow \frac{15}{R_6} - V^+ \left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_9} \right) = V^+ \left(\frac{R_6 + R_9}{R_6 \cdot R_9} \right) \Rightarrow V^+ = \frac{15}{R_6} \frac{R_6 R_9}{R_6 + R_9} = 15 \frac{R_9}{R_6 + R_9} = 0.5V$$

Suponemos D2A y D2B OFF

D2B OFF D2A ON

$$\frac{4 - 0.5V}{1k} = 3.5mA$$

Suponemos D1A y D1B OFF

D1B ON D1A OFF

$$\frac{4 - 2V}{1k} = 2mA$$

$$V_{in} = -8.5V$$

Punto crítico D4/D6

$$V^+ = -15 \cdot \frac{R_9}{R_4 + R_9} \Rightarrow V^+ = -15 \cdot \frac{5k}{5k + 145k} = -0.5V$$

Suponemos D2A y D2B OFF

D2A ON

$$\frac{4 + 0.5}{1k} = 4.5mA$$

$$V_{in} = -13.5V$$

Suponemos D1A y D1B OFF

D1B ON D1A OFF

EA-I-Ø18

PsPice

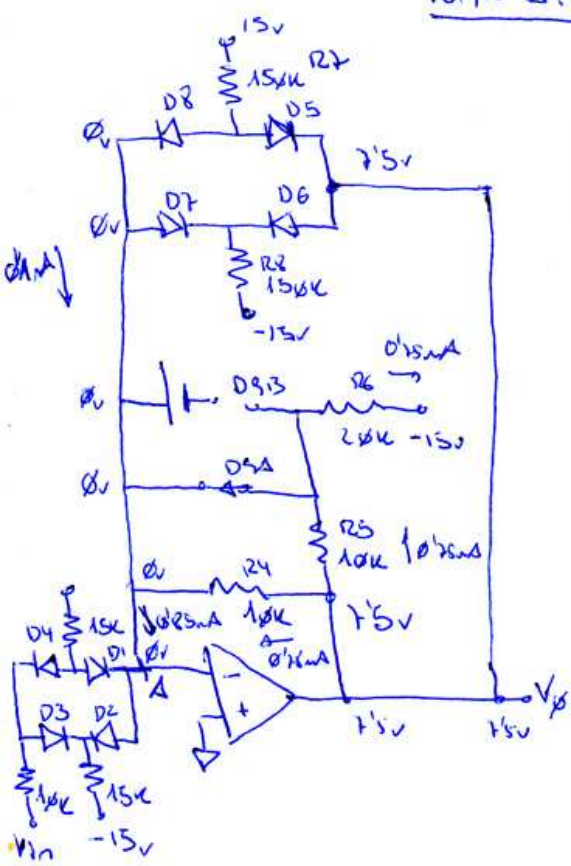
D1N4148

$N = \cancel{18} \dots \emptyset, \emptyset \emptyset 1$

$R_s = \emptyset'56 \dots \emptyset, \emptyset 56$

A la fuente de entrada le llenamos Vin.

Punto crítico D9A



D9B: OFF
D5, D7: OFF

La interacción es que D4/D1/D3/D2 estén ON. Si alguna estuviera OFF, las corrientes en el nodo A no cumplirían las leyes de Kirchhoff

$V_{in} = -8.5V$

Punto crítico D9B

D9A: OFF

$I_{D6} = 0.15mA$ $I_{D5} = I_{R6}$ $V_0 = -7.5V$ $I_{R4} = 0.15mA$

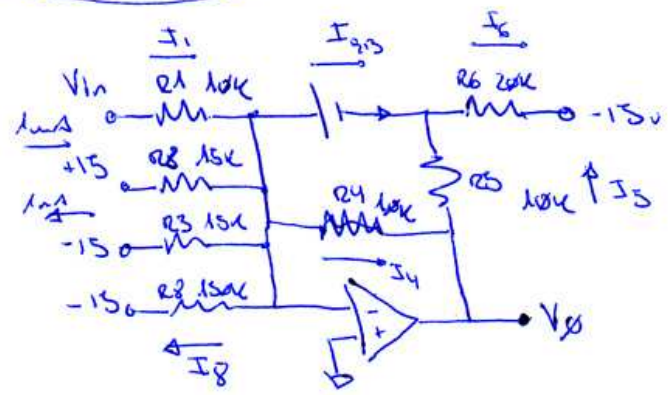
D6, D8: OFF

$I_{D7} = 0.1mA$

$V_{in} = 8.5V$

$8.5 < V_{in} < 10.6$

D1, D2, D3, D4, D5, D7, D9B: ON

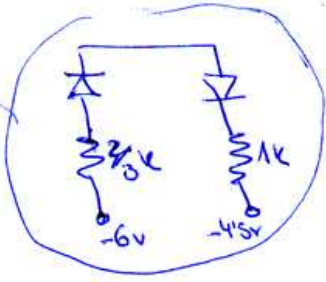
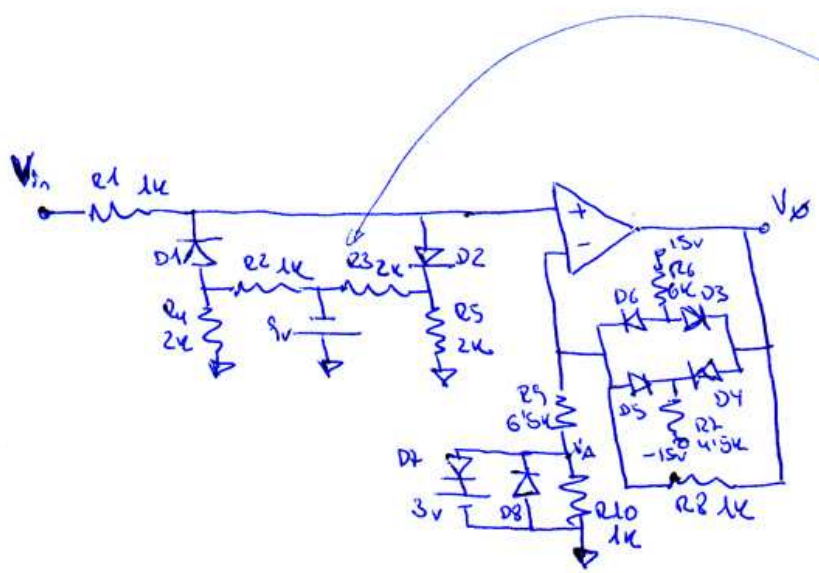


$I_1 = I_{9B} + I_4 + I_8$

$I_{9B} + I_5 = I_6$

$I_1 - I_4 - I_8 = I_6 - I_5$

$V_0 = \left[-\frac{V_{in}}{2} - 3.25 \right]$



EA - I - Ø 2 Ø

Punto crítico D3/D5

$$V_A = 15V \cdot \frac{R_{10}}{R_6 + R_9 + R_{10}} = 15 \cdot \frac{1k}{7.5k} = 2V$$

$$V^- = 3V \quad V^+ = 3V$$

! Suponemos los dos diodos del ramas OFF

D1 OFF D2 ON D7 OFF D8 OFF

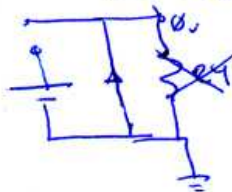
$$I_{2+12} = 7.5mA$$

$$V_{in} = 16.5V$$

Punto crítico D1 $V_{in} = -6V$ D2 OFF

Punto crítico D2 $V_{in} = -4.5V$ D1 OFF

Punto crítico D4/D6 $V_{in} = 15V$ D2, D8 ON



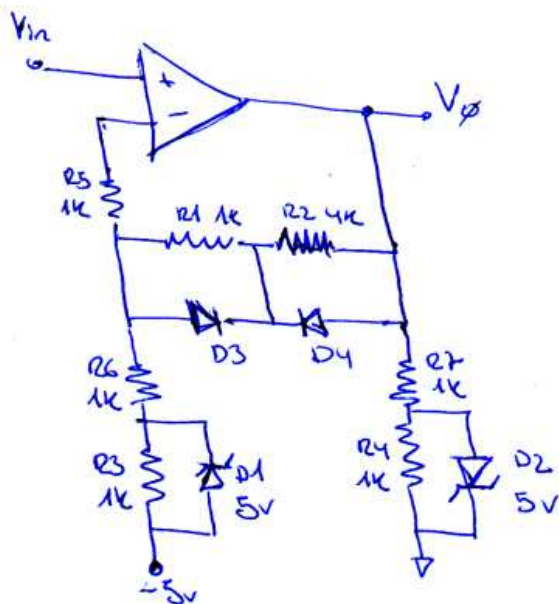
$$V^- = V^+ = -1.5V$$

Punto crítico D7 $V_{in} = 13.5V$ D2 ON

$$V^- = V^+ = 4.5V$$

Punto crítico D8 $V_{in} = 4.5V$ D2 ON

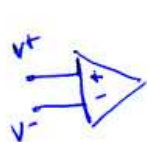
$$V^- = V^+ = 0V$$



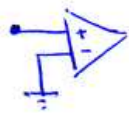
! R5 no pinta nada, porque no circula corriente por la entrada del operacional.

! Podemos ignorar R7, R8 y D2 porque no pinta nada, están conectados a la salida sólo.

Comparadores

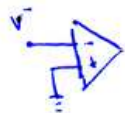


$V_0 = A(V^+ - V^-)$ Para ideales $A \rightarrow \infty$

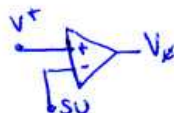


$V_0 = (A(V^+ - 0)) = AV^+$

Si $V^+ > 0 \rightarrow V_0 = V_{cesat}$
 Si $V^+ < 0 \rightarrow V_0 = -V_{cesat}$

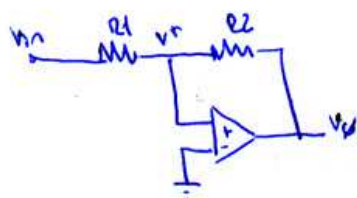


Comparador inversor de lazo abierto



Para nivel si entrada $V^+ > 0 < 5V$

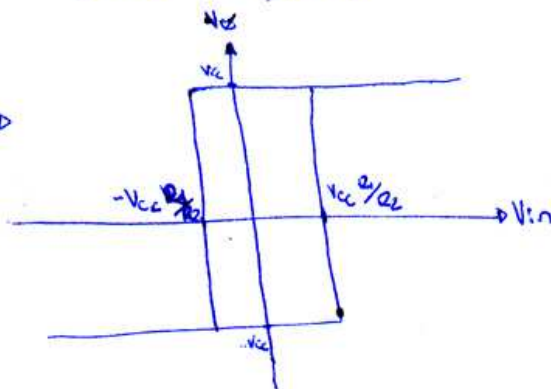
Comparador no inversor



Si $V^+ > 0 \rightarrow +V_{cc}$
 Si $V^+ < 0 \rightarrow -V_{cc}$

$V^+ = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \pm V_{cc} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

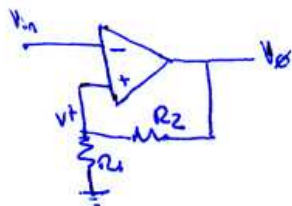
$0 = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \pm V_{cc} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \rightarrow V_{in} = \pm V_{cc} \frac{R_1}{R_2}$



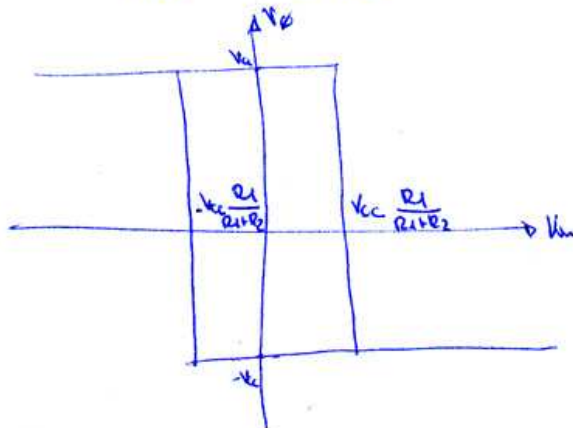
! La función de transferencia tendrá dos patrones diferentes para V_0/V_{in}

! Debido a que trabaja siempre en saturación, este montaje nos sirve para convertir cualquier señal en cuadrada

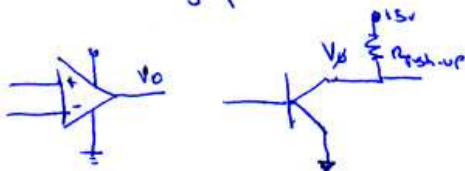
Comparador inversor



$V^+ = V_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \pm V_{cc} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

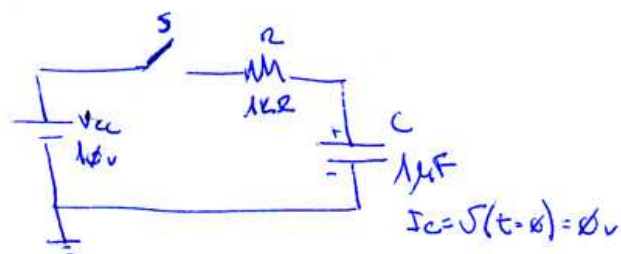


! Hay amplificadores que por sus especificaciones, se comportan directamente como comparadores. Por ejemplo LM339 o LM331



La tensión de un condensador no puede variar instantáneamente

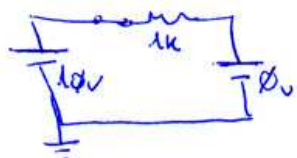
Carga y descarga de condensadores



$t = 0^+$

Switch closed

Substituir C por un generador con el valor inicial



$$V(t) = V_F + (V_i - V_F) e^{-t/\tau}$$

$$I(t) = I_F + (I_i - I_F) e^{-t/\tau}$$

$$\tau = R_{TH} \cdot C$$

Valores iniciales

$$V_{Ci} = 0$$

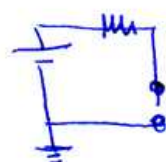
$$V_{Ci} = 10V$$

$$I_{Ci} = \frac{10 - 0}{1k} = 10\mu A = I_{Ci}$$

$t > 0^+$

$$R_{TH} = R \Rightarrow \tau = R \cdot C = 1k \cdot 1\mu F = 1ms \Rightarrow 5\tau = 5ms$$

Valores finales

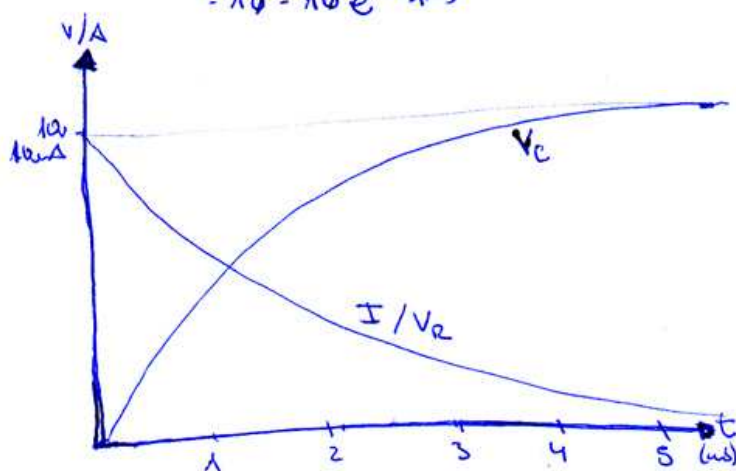


$$I_{CF} = I_{CF} = I_{VCF} = 0A$$

$$V_{RF} = 0V$$

$$V_{CF} = 10V$$

$$V(t) = 10 + (0 - 10) e^{-t/1ms} = 10 - 10 e^{-t/1ms}$$



$t > 0^+$

$$\tau = 5k \cdot 1\mu F \Rightarrow \tau = 5ms$$

$$5\tau = 25ms$$

Valores finales



$$V_{CF} = \frac{10}{2} = 5V$$

$$V_{RF} = 5V$$

$$V_{R2F} = 5V$$

$$I_{R1F} = \frac{10}{20k} = 0.5\mu A$$

$$I_{R2F} = 0.5\mu A$$

$$I_{VCF} = 0.5\mu A$$

$$I_{Ci} = 0\mu A$$

Valores iniciales

$$I_{R1i} = \frac{10 - 0}{10k} = 1\mu A$$

$$I_{R2i} = 0\mu A$$

$$I_{Vci} = 1\mu A$$

$$I_{Ci} = 1\mu A$$

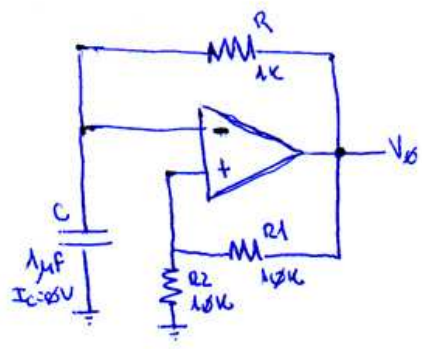
$$V_{R1i} = 10V$$

$$V_{R2i} = 0V$$

$t = 0^+$



Aestable



$$V^+ = \pm 15 \left(\frac{10}{20} \right) = \pm 7.5V$$

Valores iniciales

$$V_0 = A^{\infty} (V^+ - V^-) = A^{\infty} (7.5 - 0) \rightarrow +V_{CC}$$

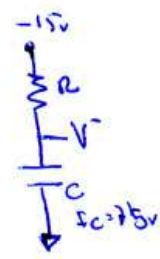
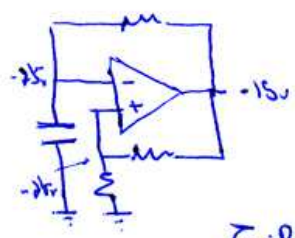


$$Z_0 = R_{TH} \cdot C = R \cdot C$$

Valores finales

$$V_{CF} = 15V$$

$t = t_0 +$



$$Z = R_{TH}; C = R \cdot C = Z_0$$

$$V_0 = A(V^+ - V^-) = A[-7.5 - (7.5)]$$

$t = t_1 +$

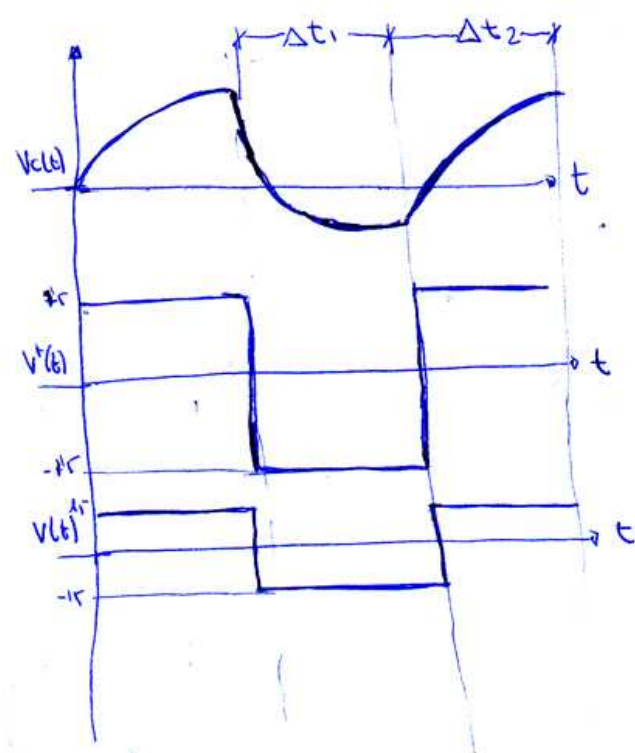
$$I_C = -7.5V$$

$$V_0 = 15V$$

$$V^+ = 7.5V$$

$$Z = R_{TH}; C = R \cdot C = Z_0 = Z_1$$

$$V_{CF} = 15V$$



Δt_0 $V_C(t) = V_{CF} + (V_{CI} - V_{CF}) e^{-t/Z_0}$

$$V_{CI} = 0$$

$$Z_0 = 1ms$$

$$V_{CF} = 15$$

$$V_C(t) = 15 + (0 - 15) e^{-t/Z_0}$$

$$7.5 = 15 - 15 e^{-\Delta t_0/Z_0}$$

$$\frac{7.5}{15} = e^{-\Delta t_0/Z_0}$$

$$\frac{15}{7.5} = 2 = e^{\Delta t_0/Z_0}$$

$$\ln 2 = \ln(e^{\Delta t_0/Z_0})$$

$$\Delta t_0 = Z_0 \ln 2 = 1ms \cdot 0.693 = 0.693ms$$

Δt_1

$$V_{CI} = 7.5$$

$$Z_1 = 1ms$$

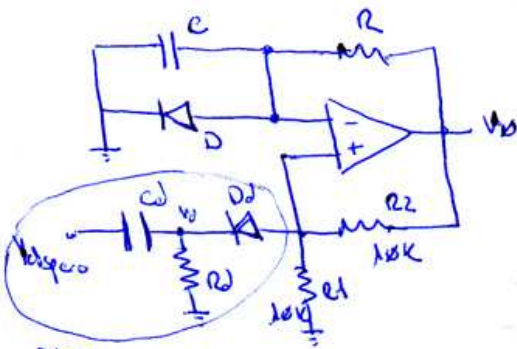
$$V_{CF} = -15$$

$$V_C(t) = -15 + (7.5 - (-15)) e^{-t/Z_1}$$

$$-7.5 = -15 + (7.5 + 15) e^{-\Delta t_1/Z_1}$$

$$\Delta t_1 = Z_1 \ln 3 = 1ms \cdot 1.098 = 1.098ms$$

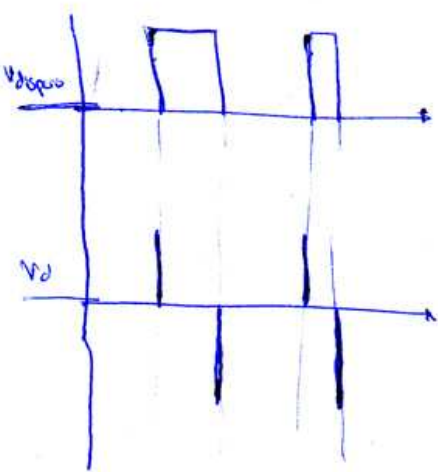
Monostable



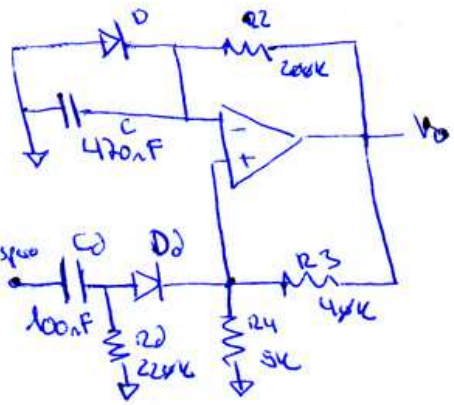
! Filtro paso alto
eliminar el ruido de disparo

- ! Un monostable siempre tiene que tener una señal de disparo exterior.
- ! Normalmente filtraremos esa entrada → Filtro

! Para tener un buen disparo la constante RC tiene que ser mucho menor que la duración del pulso de disparo



$$V^+ = V_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{TH} \frac{1}{R_1 + R_2}$$



! De dejar pasar los flancos ascendentes

- ! ¿Cuál es el estado estable?
- Si no cambia, estado estable.
- Si cambia, estado inestable.

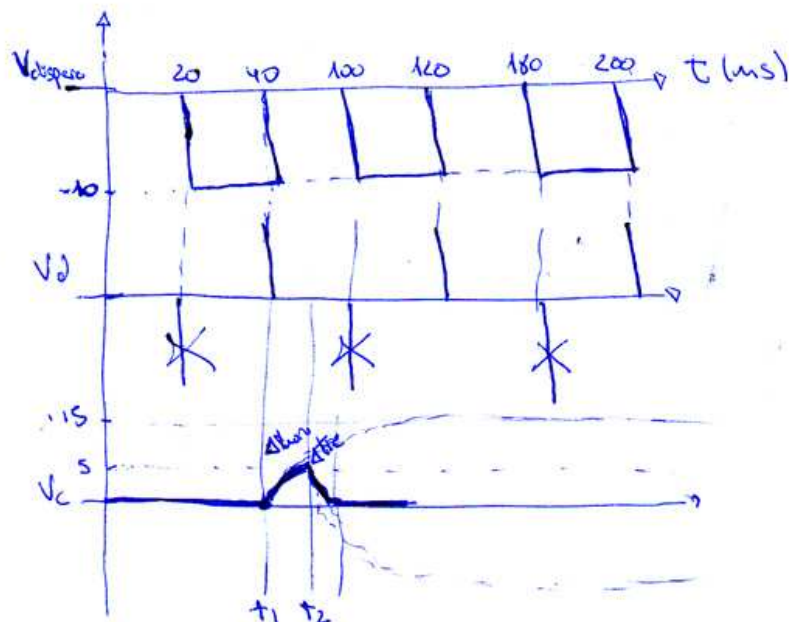
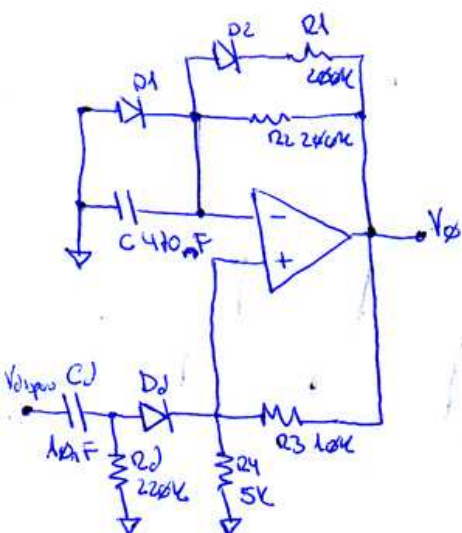
Si $V_0 = +15V$
 $V_0 = A(V^+ - V^-) = A \left(\frac{5}{3}V - 15V \right)$ → Cuando se llega a $\frac{5}{3}V$ en C
No es el estado estable

Δt_{nro}

$V_{ci} = 0V$
 $V_{cf} = 15V$
 $\tau = R_2 \cdot C$
 $V_c(t) = V_{cf} + (V_{ci} - V_{cf}) e^{-t/\tau}$
 $V_c(t) = 15 + (0 - 15) e^{-t/\tau}$
 $\frac{5}{3} = 15 - 15 e^{-\Delta t_{nro}/\tau}$
 $\Delta t_{nro} = 11 \mu s$

Δt_{re}

$V_{ci} = \frac{5}{3}V$
 $V_{cf} = -15V$
 $\tau = R_2 \cdot C$
 $V_c(t) = V_{cf} + (V_{ci} - V_{cf}) e^{-t/\tau}$
 $V_c(t) = -15 + \left[\frac{5}{3} - (-15) \right] e^{-t/\tau}$
 $0 = -15 + \left(\frac{5}{3} + 15 \right) e^{-\Delta t_{re}/\tau}$
 $\Delta t_{re} = 9.9 \mu s$



Suponemos $V_O = +15$ como estado estable

$$V^+ = 15 \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 15 \frac{5k}{15k} = 5V$$

Como suponemos $V_C = 0V$ el diodo D_2 está OFF
la corriente circula a través de R_2 y C , porque
por D_1 no puede ir.

El valor final será 15V. Para calcular el valor final,
suponemos C como circuito abierto y vamos
la tensión en V^+ .

Como cuando $V^+ > 5$ cambia el estado, este
NO es el estado estable.

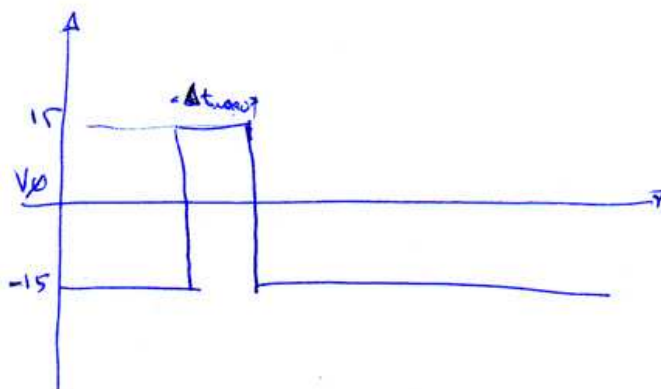
Suponemos $V_O = -15$ como estado estable

$$V^+ = -5V$$

R_1 y R_2 están en paralelo porque D_2 está ON, luego tenemos
una R_E diferente al caso anterior.

D_1 está ON, por lo que C no se cargará nunca.

El pulso nos dará un valor positivo para V^+ , por lo que
cambiará el estado



(t1)
 $V_{CF} = 0V$

$$V_{CF} = +15V$$

$$\tau_1 = R_{TH1} \cdot C = R_2 \cdot C = 200k\Omega \cdot 470nF = 94\mu s$$

$$V_C(t) = V_{CF} + (V_{CI} - V_{CF}) e^{-t/\tau_1}$$

$$5V = 15 + (0 - 15) e^{-t/\tau_1}$$

$$\Delta t_{trans} = 38.1\mu s$$

(t2)

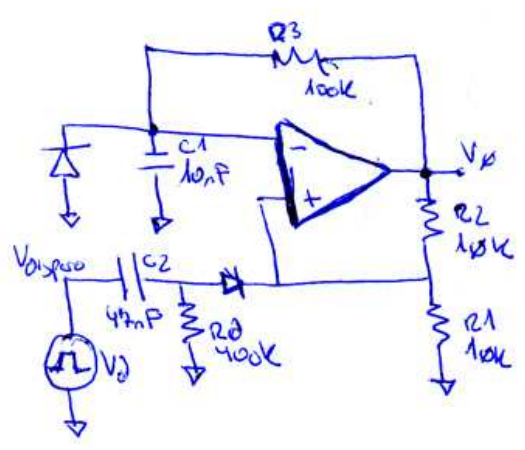
$$V_{CI} = 5V$$

$$V_{CF} = -15V$$

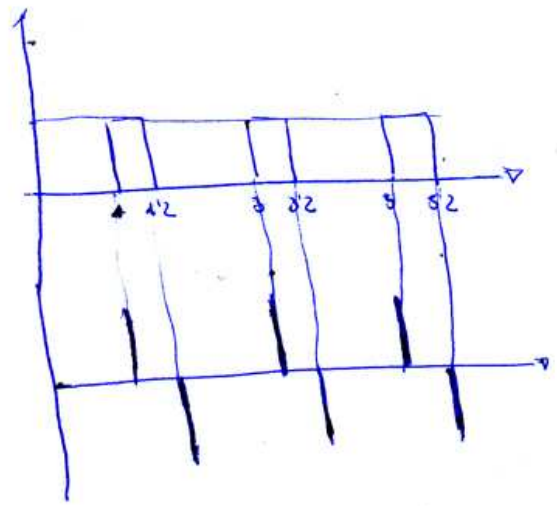
$$\tau_2 = R_{TH2} \cdot C = R_1 // R_2 \cdot C = 100k\Omega \cdot 470nF = 47\mu s$$

$$V_C(t) = -15 + [5 - (-15)] e^{-t/\tau_2}$$

$$0 = -15 + [5 - (-15)] e^{-t/\tau_2} \quad \Delta t_{re} = 13.5\mu s$$



$V_1 = 0V$
 $V_2 = 2\mu V$
 $\tau_D = 1ns$
 $\tau_R = 1\mu s$
 $T_F = 1\mu s$
 $P_W = 0.2ms$
 $PER = 2ms$

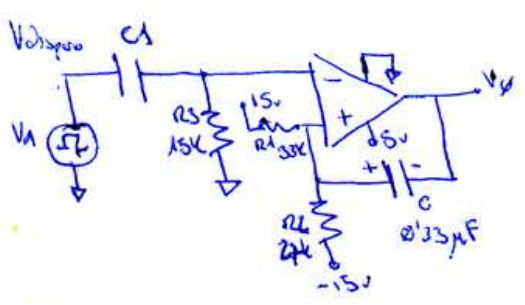


Verificar el estado estable

¿Estable?

Fuerza disparo

Calcular y dibujar forma de onda



$\rightarrow V_0, V^+, V_c$

\rightarrow Polaridad y amplitud aproximada de V_{dispo}

Los condensadores en continua son circuitos abiertos

Si no hay pulso $V_{dispo} = 0$, luego $V = 0$

$V^+ = 15 \frac{R_2}{R_1 + R_2} - 15 \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 15 \left(\frac{R_2 - R_1}{R_1 + R_2} \right) = 15 \left(\frac{2k - 15k}{15k + 2k} \right) = 15 \left(\frac{-13k}{17k} \right) = -1.5V$

$V_0 = A(V^+ - V^-) = A(-1.5 - 0) = -1.5A \rightarrow -\infty \rightarrow 0V$ por de alimentación $-V_{CC}$ que es menor.

Podemos aplicar Thevenin en $15, R_1, R_2, -15$. $R_{TH} = R_1 // R_2$ $V_{TH} = -1.5V$

Intentar hacer con los valores de R_1 y R_2 cambiados

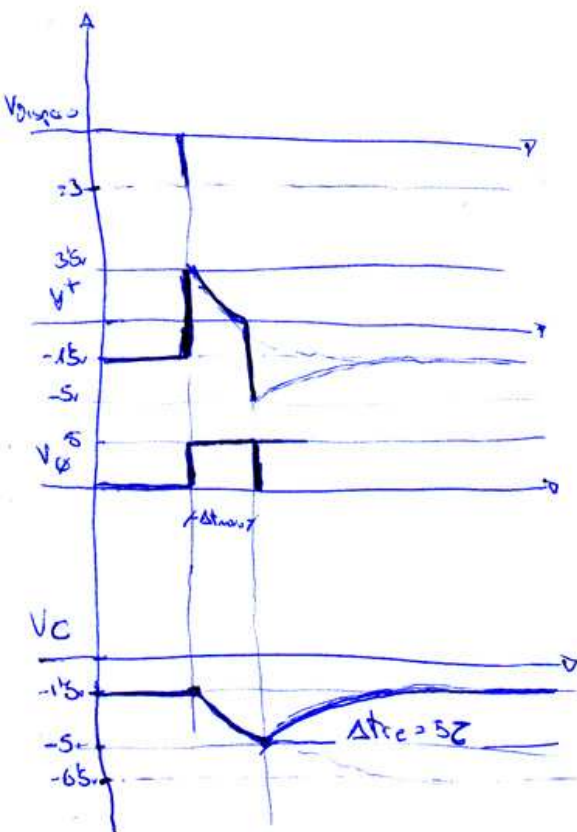
V_{dispo} tiene que ser más negativo que $-1.5V$.

$V_c(t) = V^+(t) - V_0(t)$

Cuando llegue el pulso de disparo V^+ pasará a tener $3.5V$ porque la tensión en el condensador no puede cambiar instantáneamente y V_0 se mantendrá a $5V$.

V_{CF} , crearemos en continua luego el valor final de V^+ será $-1.5V$ y V_0 sigue valiendo $5V$. $V_{CF} = 6.5V$

EA-I-027



Δt_{mono}

$$V_{ci} = -1.5V$$

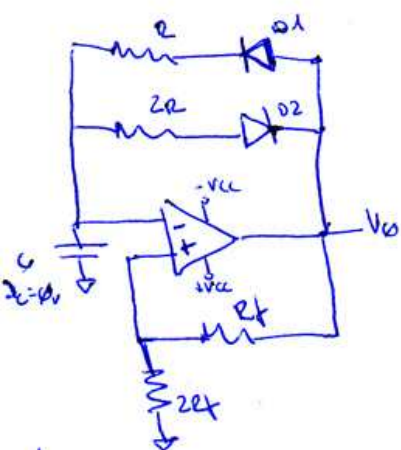
$$\tau = R_{th} \cdot C = 14.85k\Omega \cdot 0.33\mu F = 4.9ms$$

$V_{cr} = -6.5V$ El valor al que llegaría si no lo cortáramos

$$V_c(t) = -6.5V + [-1.5V - (-6.5V)] e^{-t/\tau}$$

$$-5 = -6.5V + 4 e^{-t/\tau}$$

$$\frac{1.5}{4} = e^{-\Delta t_{mono}/\tau} \quad \Delta t_{mono} = \tau \ln\left(\frac{5}{1.5}\right) = 5.9ms$$



T_H / T_L

$F(\omega)$

Race similar $\rightarrow R = R_f = 10k$

$C = 100nF$

cambio
 $V_{ci} = V_{cc}$

cambio
 $V_{ci} = -V_{cc}$

Suponemos $V_{ci} = V_{cc}$

$$V^+ = V_{cc} \frac{2R}{3R} = \frac{2}{3} V_{cc}$$

$$V_{ci} = V_{cc} \quad V_{cr} = -V_{cc} \quad \tau = R \cdot C$$

$$V_c(t) = V_{cr} + (V_{ci} - V_{cr}) e^{-t/\tau}$$

$$V_c(t) = -V_{cc} + V_{cc} e^{-t/\tau}$$

$$\frac{2}{3} V_{cc} = -V_{cc} + V_{cc} e^{-t/\tau}$$

$$\frac{2}{3} = 1 - e^{-t/\tau} \quad -\frac{1}{3} = -e^{-t/\tau}$$

$$3 = e^{t/\tau} \quad \Delta t_{up} = \tau \cdot \ln 3 = R \cdot C \ln 3$$

$$V_{ci} = \frac{2}{3} V_{cc}$$

$$V^+ = -\frac{2}{3} V_{cc}$$

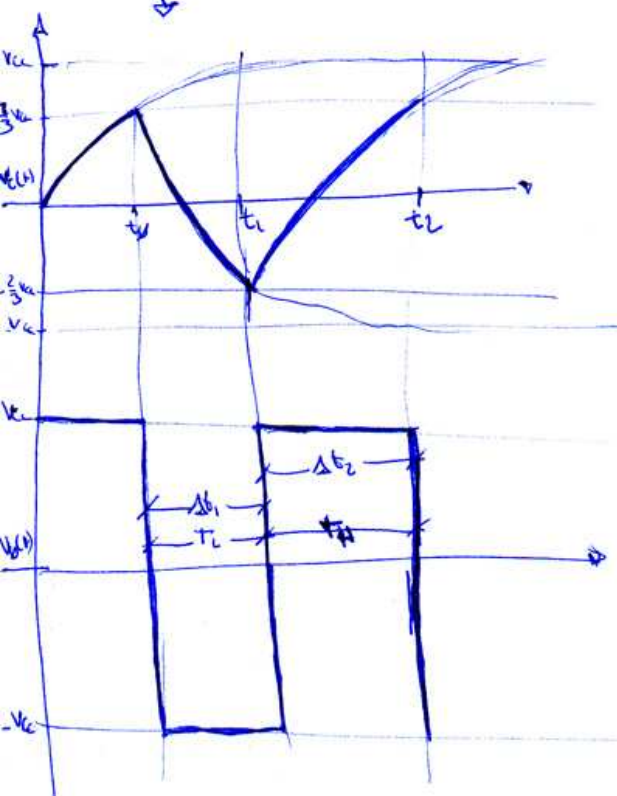
$$\tau = 2R \cdot C$$

$$V_{cr} = -V_{cc}$$

$$V_c(t) = -V_{cc} + \left[\frac{2}{3} V_{cc} - (-V_{cc}) \right] e^{-t/\tau}$$

$$-\frac{2}{3} V_{cc} = -V_{cc} + \frac{5}{3} V_{cc} e^{-t/\tau}$$

$$-\frac{2}{3} = -1 + \frac{5}{3} e^{-t/\tau} \quad T_L = 2RC \ln 5$$



$$V_C(t) = V_{CC} + \left(\frac{2}{3}V_{CC} - V_C\right) e^{-t/\tau_2}$$

$$\frac{2}{3}V_{CC} = V_{CC} - \frac{1}{3}V_{CC} e^{-\Delta t_2/\tau_2}$$

$$\Delta t_2 = T_H = RC \ln 5$$

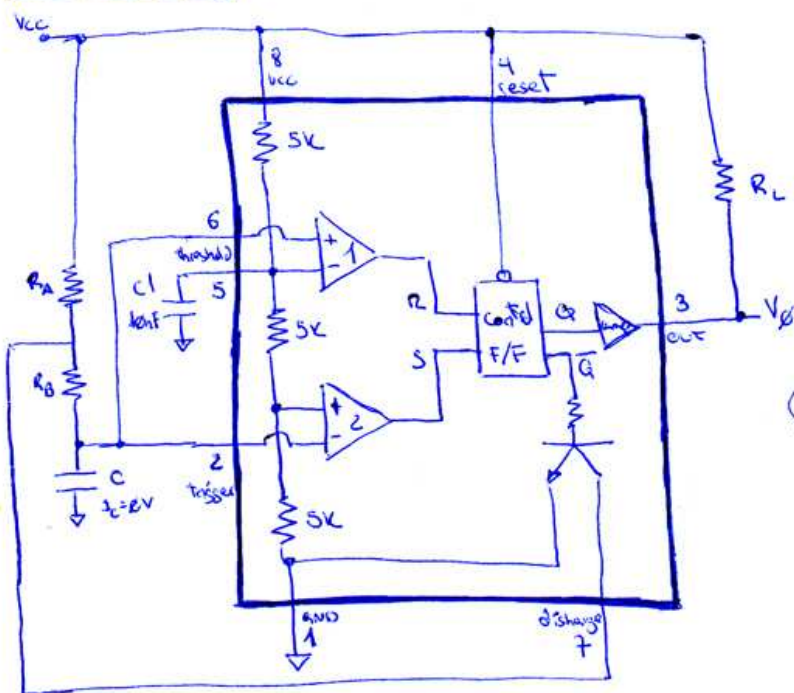
$$\frac{T_L}{T_H} = \frac{2RC \ln 5}{2RC \ln 5} = 2$$

$$T_r = T_L + T_H = 3RC \ln 5$$

$$F = \frac{1}{T_r} = \frac{1}{3RC \ln 5}$$

555

Aestable bipolar básico



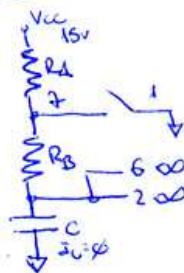
R, S → salidas lógicas → analógicas
MC → pone a Ø el F/F. se activa a nivel bajo

$t = t_0^+$ S → 1 muestra $V_C = \frac{1}{3}V_{CC}$

$V_C = V_{CC}$
interruptor —

$t = t_0$ $V_C > \frac{2}{3}V_{CC} \rightarrow V_C = Ø$
interruptor —

$t = t_0^+$

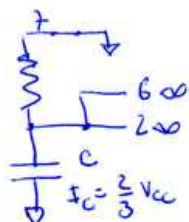


$$V_C = Ø$$

$$\tau = R_{TH} \cdot C = (R_A + R_B) \cdot C$$

$$V_{CF} = V_{CC}$$

$t = t_0^+$

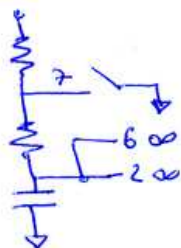


$$V_C = \frac{2}{3}V_{CC}$$

$$\tau_1 = R_B \cdot C$$

$$V_{CF} = Ø$$

$t = t_1^+$



$$V_C = \frac{1}{3}V_{CC}$$

$$\tau = (R_A + R_B) \cdot C = \tau_0$$

$$V_{CF} = V_{CC}$$

Δt_0

$$V_C = Ø$$

$$\tau_0 = (R_A + R_B) \cdot C$$

$$V_{CF} = V_{CC}$$

$$V_C(t) = V_{CF} + (V_C - V_{CF}) e^{-t/\tau_0}$$

$$V_C(t) = V_C + (Ø - V_{CC}) e^{-\Delta t_0/\tau_0}$$

$$\frac{2}{3}V_{CC} = V_{CC} - V_{CC} e^{-\Delta t_0/\tau_0}$$

$$\frac{2}{3} - 1 = -e^{-\Delta t_0/\tau_0} \quad \Delta t_0 = \tau_0 \cdot \ln 3$$

Δt_2

$$V_C = \frac{1}{3}V_{CC}$$

$$\tau_2 = \tau_0 = (R_A + R_B) \cdot C$$

$$V_{CF} = V_{CC}$$

$$V_C(t) = V_{CC} + \left(\frac{1}{3}V_{CC} - V_{CC}\right) e^{-t/\tau_2}$$

$$\frac{2}{3}V_{CC} = V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC} e^{-\Delta t_2/\tau_2}$$

$$\Delta t_2 = \tau_2 \cdot \ln 2$$

Δt_1

$$V_C = \frac{2}{3}V_{CC}$$

$$\tau_1 = R_B \cdot C$$

$$V_{CF} = Ø$$

$$V_C(t) = V_{CF} + (V_C - V_{CF}) e^{-t/\tau_1}$$

$$V_C(t) = Ø + \left(\frac{2}{3}V_{CC} - Ø\right) e^{-t/\tau_1}$$

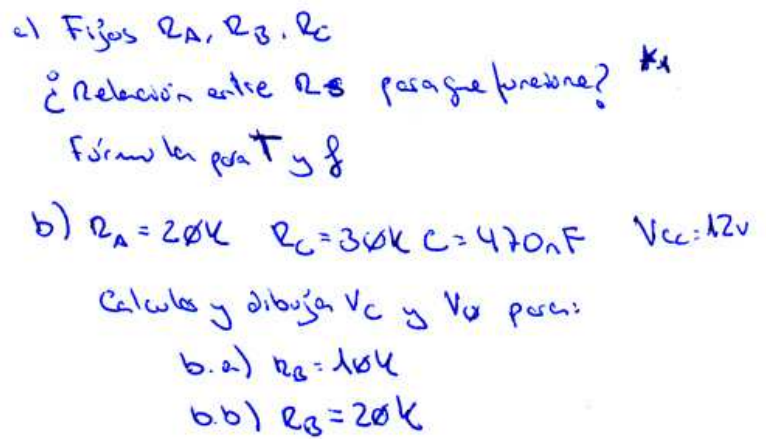
$$\frac{1}{3}V_{CC} = Ø + \left(\frac{2}{3}V_{CC} - Ø\right) e^{-\Delta t_1/\tau_1}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\Delta t_1/\tau_1} \quad \Delta t_1 = \tau_1 \cdot \ln 2$$

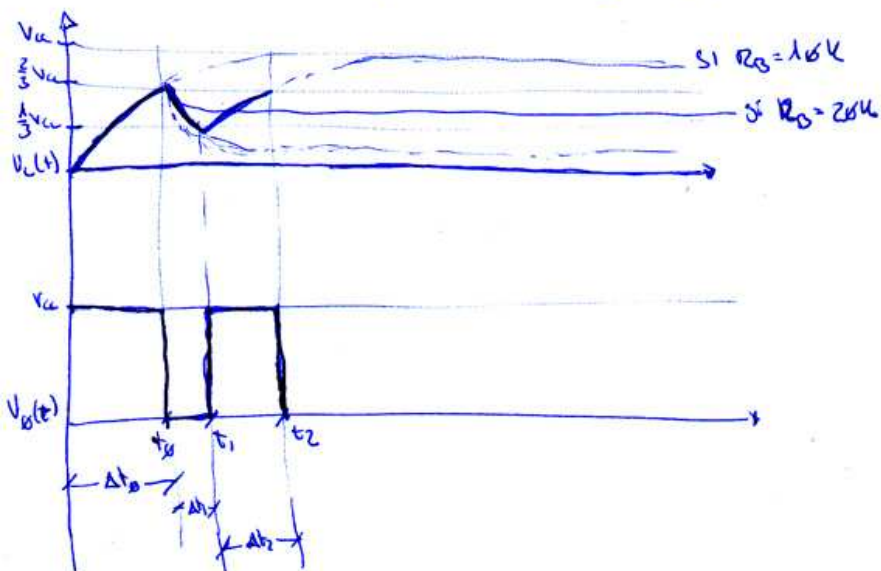
$$T = \Delta t_1 + \Delta t_2$$

$$T = R_B \cdot C \cdot \ln 2 + (R_A + R_B) \cdot C \cdot \ln 2$$

$$= \ln 2 (2R_B + R_A) \cdot C$$

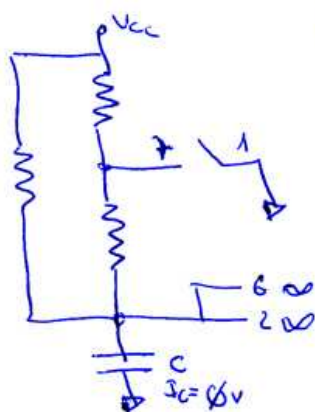


- ! Para 2 por debajo de $\frac{1}{3} V_{CC}$, $V_U = V_{CC}$, interruptor abierto
- ! Para 6 mayor que $\frac{2}{3} V_{CC}$, $V_U = 0$, interruptor cerrado
- ! Cuando sube, valor mayor que $\frac{2}{3} V_{CC}$ para funcionamiento correcto.
- ! Cuando baja, valor menor que $\frac{2}{3} V_{CC}$ para funcionamiento correcto.



EA-5-030

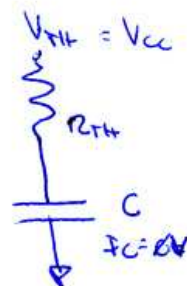
$t = 0^+$



$$V_{C1} = 0V$$

$$V_{CF} = V_{CC}$$

$$\tau_R = R_{TH} = [(R_A + R_B) \parallel R_C] \cdot C$$



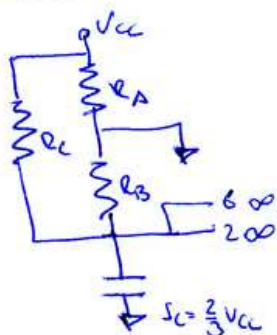
Δt_R

$$V_C(t) = V_{CF} + (V_{C1} - V_{CF}) e^{-t/\tau_R}$$

$$V_C(t) = V_{CC} + (0 - V_{CC}) e^{-t/\tau_R}$$

$$\frac{2}{3} V_{CC} = 1 = e^{-t/\tau_R} \quad \Delta t_R = \tau_R \cdot \ln 3$$

$t = t_R$

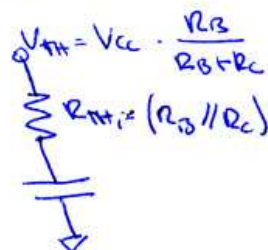
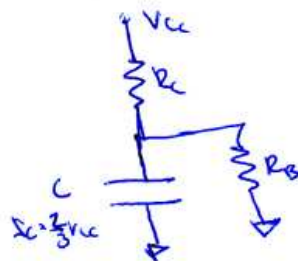


$$V_{CF} = \frac{2}{3} V_{CC}$$

$$V_{CF} = V_{CC} \frac{R_B}{R_B + R_C} \quad *1$$

$$\tau_1 = (R_{TH} \cdot C) = (R_B \parallel R_C) \cdot C$$

Como la tensión en bornes de R_A va a ser constante y no va a afectar a la exponencial, nos la podemos quitar.



*1 tiene que ser $< \frac{1}{3} V_{CC}$ para que oscile. Uno de los valores de R_B no lo cumplirá.

$$V_{CC} \frac{R_B}{R_B + R_C} < \frac{1}{3} V_{CC} \Rightarrow R_C > 2R_B$$

$$V_{CF1} = 12 \cdot \frac{10k}{10k + 30k} = 12 \cdot \frac{10}{40} = 3V < 4V \text{ Funcional!}$$

$$V_{CF2} = 12 \cdot \frac{20k}{20k + 30k} = 12 \cdot \frac{20}{50} = \frac{24}{5} = 4.8V > 4V \text{ No funcional!}$$

Δt_1

$$\frac{1}{3} V_{CC} = V_{CC} \frac{R_B}{R_B + R_C} + \left(\frac{2}{3} V_{CC} - V_{CC} \frac{R_B}{R_B + R_C} \right) e^{-t/\tau_1}$$

$$\frac{1}{3} - \frac{R_B}{R_B + R_C} = \left(\frac{2}{3} - \frac{R_B}{R_B + R_C} \right) e^{-\Delta t_1/\tau_1}$$

$$\frac{R_B + R_C - 3R_B}{3(R_B + R_C)} = \frac{2(R_B + R_C) - 3R_B}{3(R_B + R_C)} e^{-\Delta t_1/\tau_1}$$

$$\frac{R_C - 2R_B}{2R_C - R_B} = e^{-\Delta t_1/\tau_1}$$

$$R_C - 2R_B = (2R_C - R_B) e^{-\Delta t_1/\tau_1}$$

$$\Delta t_1 = \tau_1 \ln \frac{2R_C - R_B}{R_C - 2R_B}$$

$t = t_1$ Δt_2

$$V_{CE} = \frac{1}{3} V_{CC}$$

$$V_{CE} = V_{CC}$$

$$\tau_2 = \tau_1$$

! τ_2 siempre es igual que τ_1 , sólo cambia V_{CE} entre un caso y otro.

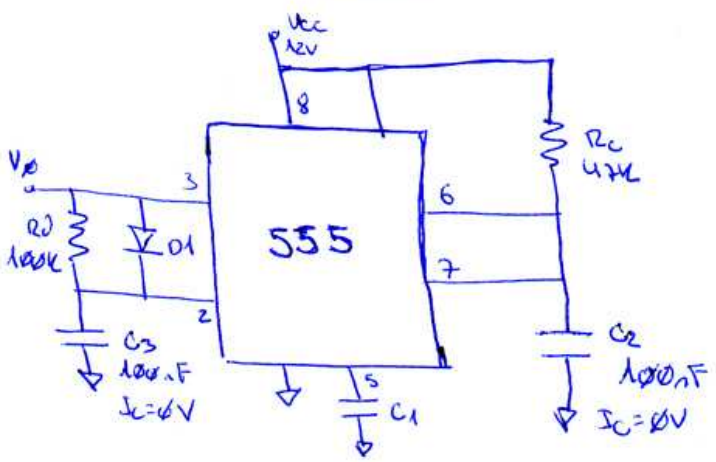
$$T = \Delta t_1 + \Delta t_2$$

$$f = \frac{1}{T} = 9473 \text{ Hz}$$

$$V_C(t) = V_{CC} \left(\frac{1}{3} V_{CC} - V_{CC} \right) e^{-\Delta t_2/\tau_2}$$

$$\frac{2}{3} V_{CC} = V_{CC} \left(\frac{1}{3} V_{CC} - V_{CC} \right) e^{-\Delta t_2/\tau_2}$$

$$\Delta t_2 = \tau_2 \ln 2$$



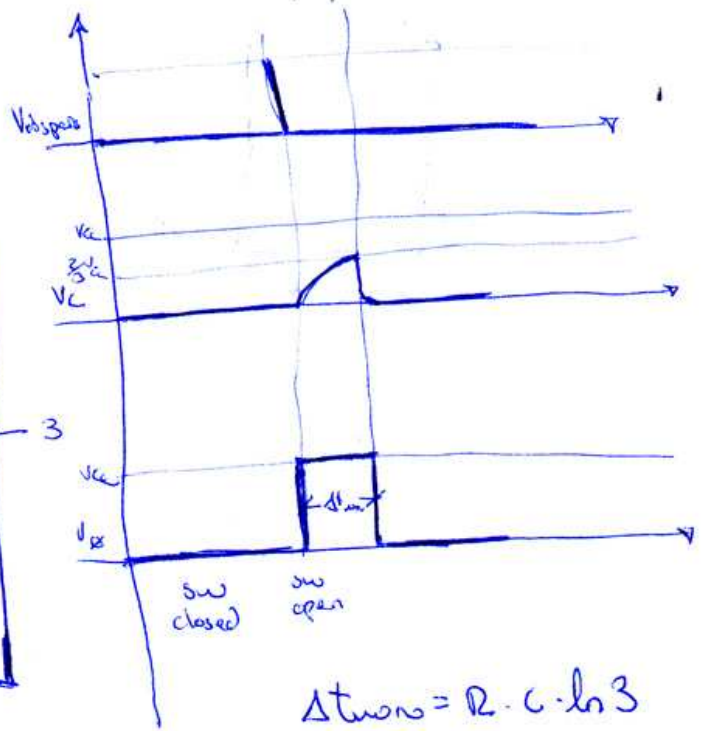
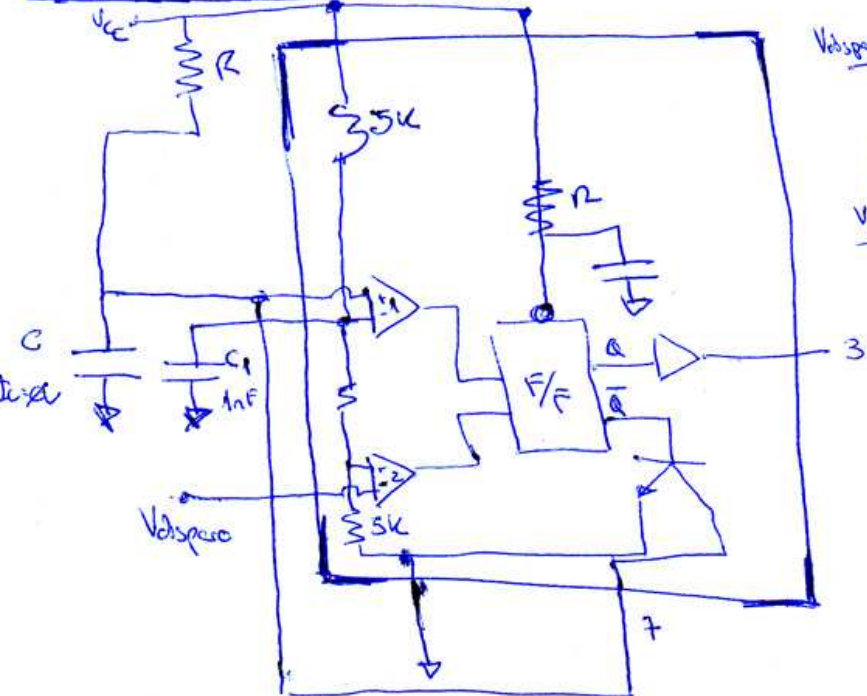
sin valores numéricos

D_1 es ideal, pero tiene una resistencia muy pequeña

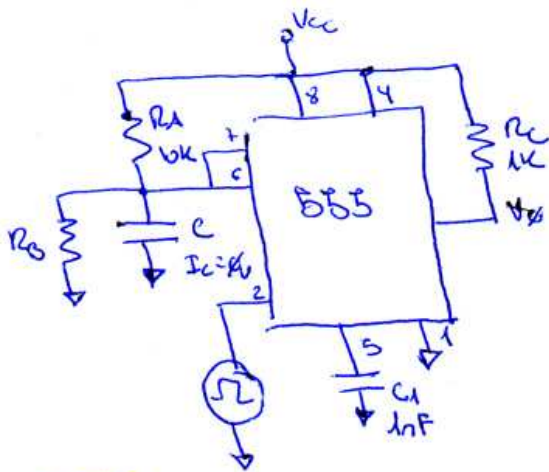
V_{CE} y $V_{CS} \rightarrow$ dibujar gráficos

$f \rightarrow$ valor numérico

Monostable con 555

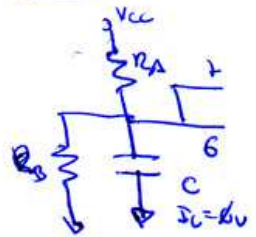


$$\Delta t_{swon} = R \cdot C \cdot \ln 3$$



$V_1 = 12V$
 $V_2 = 0V$
 $T_D = 2\mu s$
 $T_r = 1\mu s$
 $T_f = 1\mu s$
 $P_W = 5\mu s$
 $P_{ER} = 4\mu s$

$t = RC$



$V_{ci} = 0V$
 $V_{cg} = V_{cc} \cdot \frac{R_B}{R_A + R_B}$

$\tau_0 = R_{TH} \cdot C = (R_A // R_B) \cdot C$

Para que funcione

$V_{ct} > \frac{2}{3} V_{cc}$

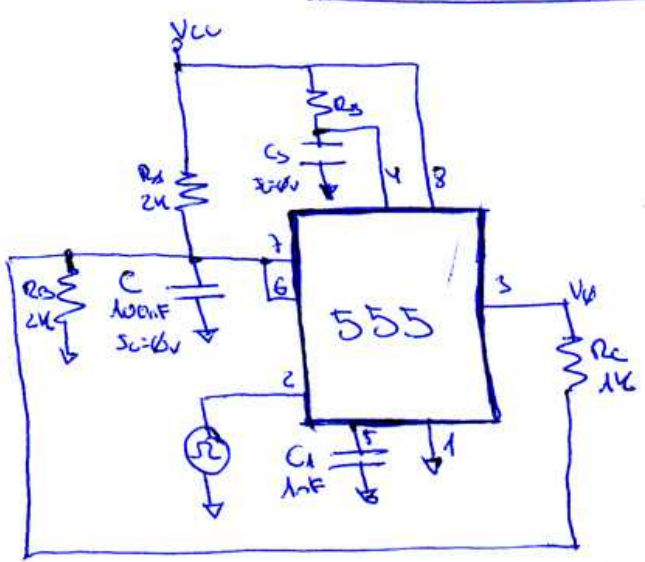
$V_{cc} \cdot \frac{R_B}{R_A + R_B} > \frac{2}{3} V_{cc} \Rightarrow R_B > 2R_A$

$V_c(t) = V_{cg} + (V_{ci} - V_{cg}) e^{-t/\tau_0}$

$\frac{2}{3} V_{cc} = V_{cc} \frac{R_B}{R_A + R_B} + (0 - V_{cc} \frac{R_B}{R_A + R_B}) e^{-\Delta t_{mono}/\tau_0}$

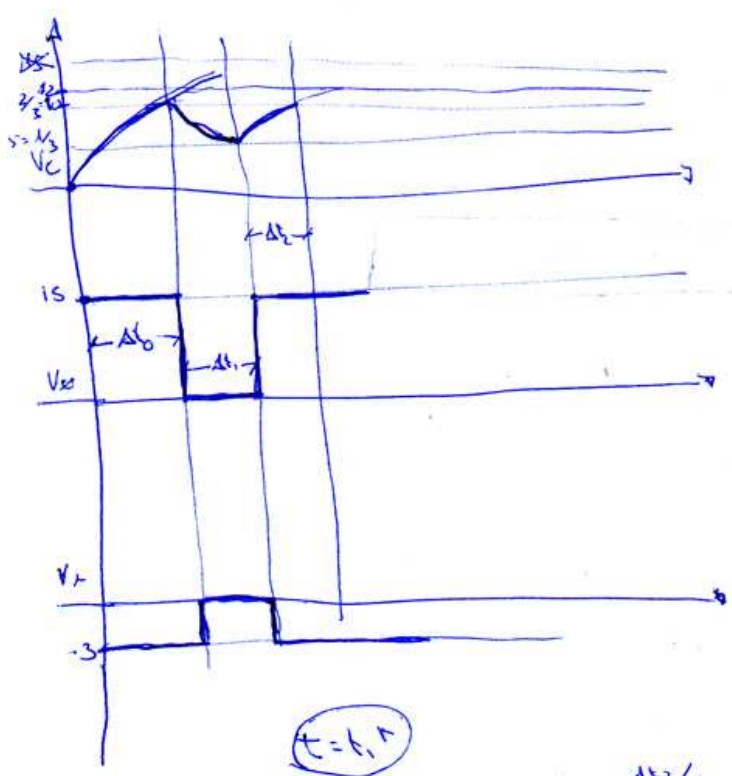
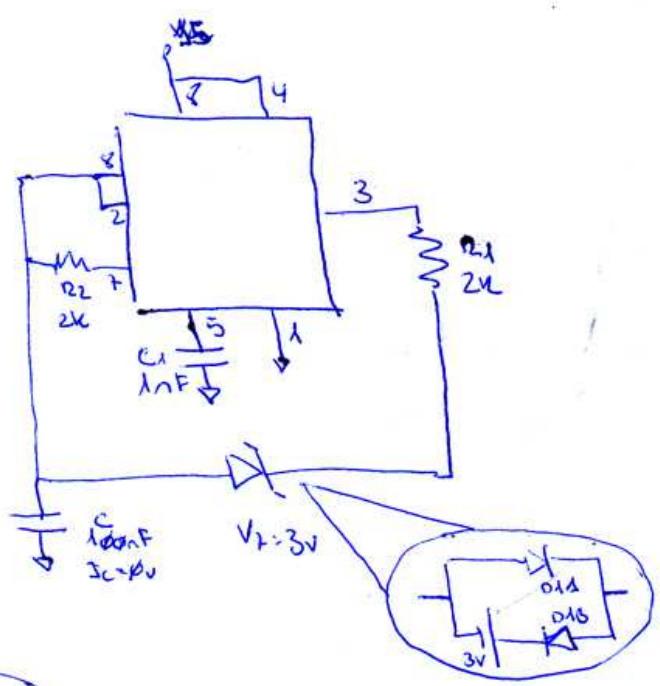
$\Delta t_{mono} = \tau_0 \cdot \ln \left(\frac{R_B - 2R_A}{3R_B} \right)$

$\frac{2}{3} - \frac{R_B}{R_A + R_B} = - \frac{R_B}{R_A + R_B} \cdot e^{-\Delta t_{mono}/\tau_0}$



$V_1 = 10V$
 $V_2 = 0V$
 $T_D = 1\mu s$
 $T_r = 1\mu s$
 $T_f = 1\mu s$
 $P_W = 1\mu s$
 $P_{ER} = 4\mu s$

Nota: R_C y $R_S \rightarrow$ no cambiar el circuito empiezo estable



$t = 0^+$

DIA OFF
DIB ON
 $V_{ci} = 16V$
 $V_{cf} = 12V$
 $\tau = R_1 \cdot C = 2k \cdot 100nF$
 $\Delta t_1 = 0.358ms$

$t = t_0^+$

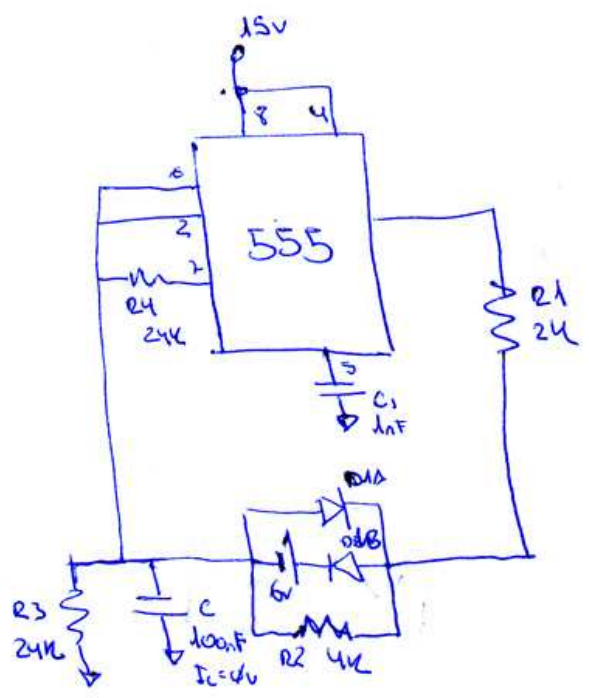
$V_{ci} = 16V$
 $V_{cf} = 0V$
 $\tau = (R_1 // R_2) \cdot C = 1k \cdot 100nF$
 $\Delta t_1 = 0.693ms$
DIA ON
DIB OFF

$t = t_1^+$

$10 = 12 + (5 - 12)e^{-\Delta t_2 / 0.2ms}$
 $\Delta t_2 = 0.25ms$

$$T = \Delta t_1 + \Delta t_2$$

$$f = \frac{1}{T}$$



$t = 0^+$

$V_{ci} = 0V$
DIA OFF
DIB ON

$\tau = (R_1 // R_2) \cdot C = 100nF$
 $V_{th} = I \cdot R_3 = 8.3V$

$$15 \frac{2k}{3k} = 12V$$

$$\tau = R_3 // (R_1 + R_2) \cdot C$$

$$V_{R2} = \frac{15V \cdot 4k}{4k + 2k} = 10V$$

$$I_{R1} = 4.5mA = \frac{15V - 6V}{2k}$$

$$I_{R2} = 1.5mA = \frac{6V}{4k}$$

Cuando $I_{R1} = I_{R2}$ el resistor dejar de conducir.

El condensador tendrá 6V

Cuando descargue $R_{th} = R_1 // R_3 // R_4$

Cuando vuelva a cargar, volvemos a tener dos ramas. τ_{22} debería ser igual que τ_{01} .

Est seguro crear algo como esto en febrero.